MONDO DIGITALE

n.106 – 2026
LUGLIO 2026

NUMERO 106

Informatica e cultura digitale nelle nuove Indicazioni Nazionali per la scuola

INDICE

In questo numero

3 **INTRODUZIONE**
Antonio Piva, Presidente di AICA

4 **EDITORIALE**
Paolo Ciancarini

7 **LETTERA APERTA**
Una visione realistica dell'Intelligenza Artificiale
Enrico Nardelli e Walter Quattrociocchi

Articoli

9 **Educare all'informatica nelle nuove Indicazioni Nazionali**
Per una scuola capace di comprendere, progettare e governare il digitale
Vincenzo Vespri, Università di Firenze

52 **La quarta scrittura**
Conversazione, illusioni e futuro della scuola
Paolo Ciancarini, Università di Bologna

58 **Per un rapporto armonioso tra educazione e tecnologia**
Christian Fiori, AICA

67 **Poche frasi, una disciplina**
L'informatica nelle nuove Indicazioni Nazionali per il primo ciclo
Michael Lodi, Università di Bologna · Violetta Lonati, Università di Milano

80 **Calibra: un framework AI-based per la personalizzazione dei percorsi formativi**
Nicola Illuzzi, Claudio Vergini e Giorgio Tullio De Negri, Progetto Calibra

Rubriche

CERTIFICAZIONI E NORMATIVE
98 **ICDL Intelligenza Artificiale: la prima certificazione italiana sulla AI Literacy**
Antonella Fancello, AICA

ETICA DELL'INFORMATICA
115 **Costruire un "fucile migliore"**
Palantir, l'intelligenza artificiale e l'etica della «repubblica tecnologica»
Christian Fiori, AICA

PROGETTI INTERNAZIONALI
123 **Attività internazionali di AICA**
Marina Cabrini, CEPIS – Member of the Board

IMPATTO ECOLOGICO DELL'INFORMATICA
128 **Ecologia Digitale**
Giovanni Franza, AICA

STORIA DELL'INFORMATICA
134 **LIFO ante litteram**
Pierangelo Indolfi, Politecnico di Bari

n.106 – 2026

Introduzione

di **Antonio Piva**, ***Presidente di AICA***

Con particolare entusiasmo e soddisfazione presento il nuovo corso di *Mondo Digitale*, la rivista scientifica e culturale di AICA che, fin dalla sua nascita nel 2002, ha rappresentato un punto di riferimento per la diffusione della cultura informatica e dell'innovazione digitale nel nostro Paese.

In oltre vent'anni di attività, *Mondo Digitale* ha accompagnato l'evoluzione delle tecnologie, offrendo contributi autorevoli provenienti dal mondo accademico, della ricerca, delle professioni e delle imprese. Oggi, in una fase storica caratterizzata da trasformazioni sempre più rapide e profonde, riteniamo che questo spazio di confronto e approfondimento sia più necessario che mai.

Mondo Digitale si inserisce pienamente nella missione che AICA porta avanti da oltre sessant'anni: promuovere la cultura digitale come fattore di crescita, innovazione e cittadinanza consapevole. Per questo desidero ringraziare il nuovo Direttore Scientifico, Paolo Ciancarini, che ha accettato di guidare questo progetto con la competenza e l'autorevolezza che lo contraddistinguono. Rivolgo inoltre un sentito ringraziamento alla professoressa Viola Schiaffonati per il prezioso impegno profuso nel corso di un decennio alla direzione di *Mondo Digitale*, contribuendo in modo determinante alla crescita e al consolidamento della rivista.

L'attualità ci pone di fronte a sfide decisive. Le nuove Indicazioni Nazionali per la scuola, la crescente attenzione alle competenze digitali e l'impatto dell'Intelligenza Artificiale richiedono luoghi di riflessione qualificata, capaci di coniugare rigore scientifico e attenzione alle esigenze della società. In questo contesto, il lavoro svolto da AICA sul tema delle competenze digitali, dei sillabi dedicati all'Intelligenza Artificiale e dei percorsi di certificazione rappresenta un contributo concreto per accompagnare cittadini, studenti, docenti e professionisti nel comprendere e governare il cambiamento.

Mondo Digitale vuole continuare a essere una voce autorevole in questo dibattito, favorendo il dialogo tra ricerca, formazione, istituzioni e mondo produttivo. Un luogo aperto alle idee, alle esperienze e alle migliori pratiche che stanno costruendo il futuro digitale del nostro Paese.

A tutti coloro che contribuiranno a questa nuova stagione della rivista rivolgo il mio più sincero ringraziamento e il mio invito a partecipare attivamente a questo percorso.

MONDO DIGITALE

n.106 – 2026

Editoriale

di **Paolo Ciancarini**

Con questo numero, *Mondo Digitale* avvia una nuova fase editoriale. La rivista intende rafforzare il proprio ruolo come luogo di incontro tra ricerca, innovazione tecnologica, scuola, istituzioni e mondo delle professioni, concentrandosi in particolare sulla nuova stagione della trasformazione digitale aperta dall'Intelligenza Artificiale conversazionale e dalle tecnologie ad essa collegate. Non si tratta soltanto di seguire un'evoluzione tecnologica, ma di contribuire a interpretarla, orientarla e renderla oggetto di riflessione critica e sistematica.

Per me questo incarico ha anche un significato personale. Da dottorando ebbi l'opportunità di pubblicare un articolo sulla storica *Rivista di Informatica*, antesignana di *Mondo Digitale*, e successivamente contribuii con altri lavori alla nuova rivista. Negli anni seguenti fui poi cooptato nel consiglio scientifico. Tornare oggi a contribuire al suo rilancio rappresenta quindi, oltre che una responsabilità scientifica, anche un motivo di particolare soddisfazione personale. È anche un'occasione per restituire, in forma di impegno editoriale, quanto questa comunità ha contribuito al mio percorso di formazione e crescita.

Negli ultimi anni il digitale ha cessato di essere soltanto un insieme di strumenti di supporto ai processi organizzativi: sta diventando un ambiente cognitivo, produttivo e sociale che modifica profondamente il modo in cui apprendiamo, lavoriamo, comunichiamo e prendiamo decisioni. Le tecnologie digitali non si limitano più ad automatizzare attività esistenti, ma partecipano attivamente alla costruzione di conoscenza, alla definizione dei contesti operativi e alla trasformazione delle relazioni tra individui e organizzazioni. In questo scenario, l'emergere di sistemi di AI conversazionale introduce forme inedite di interazione, in cui il dialogo con la macchina entra a far parte delle pratiche quotidiane di apprendimento e di lavoro.

L'AI generativa conversazionale rappresenta oggi il punto più visibile di questa trasformazione sistemica, ma non è l'unico elemento rilevante. Cybersecurity, data science, piattaforme digitali, interoperabilità, automazione e nuove forme di interazione uomo-macchina stanno ridefinendo il rapporto tra tecnologie, competenze e governance. Emergono così nuove questioni cruciali: la qualità e l'affidabilità dell'informazione, la trasparenza degli algoritmi, la gestione dei dati, l'etica dell'innovazione, l'impatto sul lavoro e sulle competenze.

Mondo Digitale vuole contribuire a comprendere e discutere criticamente questi cambiamenti, con un approccio scientificamente rigoroso ma aperto al dialogo con il mondo applicativo e istituzionale. La rivista

rafforzerà dunque il proprio profilo accademico, promuovendo articoli scientifici in lingua inglese, survey, position paper e contributi applicativi, mantenendo al tempo stesso una forte attenzione alla divulgazione qualificata e alla trasferibilità dei risultati verso la scuola, le organizzazioni e la società.

Non è casuale che il primo numero di questo nuovo corso sia dedicato a **"Cultura digitale e informatica nelle nuove Indicazioni Nazionali per la scuola"**. Le nuove indicazioni ministeriali rappresentano infatti un passaggio importante per il sistema educativo italiano: per la prima volta vengono introdotti in modo esplicito e strutturato obiettivi specifici relativi all'informatica e alla cultura digitale fin dalla scuola primaria. Questo riconoscimento segna un cambiamento rilevante, perché attribuisce all'informatica non solo un valore strumentale, ma una dignità culturale e formativa autonoma.

Si tratta di un cambiamento che va ben oltre l'introduzione di nuovi contenuti curricolari. Portare l'informatica nella scuola di base significa promuovere lo sviluppo del pensiero computazionale, della capacità di modellare problemi complessi, di comprendere i principi di funzionamento dei sistemi digitali e di interagire in modo consapevole con tecnologie sempre più pervasive. Significa, inoltre, educare a una cittadinanza digitale matura, che includa la comprensione dei meccanismi alla base della produzione, gestione e circolazione dei dati, così come delle implicazioni etiche e sociali delle tecnologie.

In questo contesto, il riferimento ai framework europei per le competenze digitali offre un punto di ancoraggio importante. In particolare, il quadro **DigComp** per i cittadini definisce un insieme articolato di competenze che vanno dalla alfabetizzazione su informazioni e dati, alla comunicazione e collaborazione, dalla creazione di contenuti digitali alla sicurezza, fino alla risoluzione di problemi. Analogamente, il framework **DigCompEdu** fornisce indicazioni specifiche per lo sviluppo delle competenze digitali dei docenti, sottolineando il ruolo della tecnologia non solo come oggetto di insegnamento, ma come leva per innovare la didattica e i processi di apprendimento.

All'interno di questa evoluzione si colloca anche il tema emergente dell'**AI literacy**, che sta progressivamente entrando nei framework europei più recenti. Una possibile chiave di lettura è quella delle "tre generazioni" delle tecnologie informatiche: una prima fase centrata sul calcolo e sull'automazione; una seconda fase caratterizzata dalla diffusione delle reti e delle piattaforme digitali; e una terza fase, quella attuale, in cui sistemi basati su intelligenza artificiale — in particolare l'AI conversazionale — partecipano attivamente alla produzione di contenuti, conoscenza e decisioni.

In questa prospettiva, si può sintetizzare il passaggio in una formula: **dall'informatica che esegue, a quella che connette, fino a quella che dialoga e co-costruisce conoscenza**. È in questa fase che l'AI conversazionale entra nei processi di apprendimento e di lavoro come interlocutore attivo, rendendo necessario sviluppare nuove forme di consapevolezza critica.

Se nelle prime due fasi l'alfabetizzazione digitale poteva essere ricondotta principalmente all'uso consapevole degli strumenti e alla comprensione dei loro meccanismi, nella fase attuale diventa essenziale sviluppare competenze più avanzate: comprendere i limiti e i bias dei sistemi di AI, valutare l'affidabilità degli output, gestire in modo responsabile l'interazione con sistemi di AI conversazionale, e integrare queste tecnologie senza delegare ad esse il controllo cognitivo.

L'inserimento dell'informatica nelle Indicazioni Nazionali pone anche una questione di equilibrio tra dimensione teorica e operativa. Non si tratta semplicemente di insegnare a usare strumenti, ma di fornire chiavi di lettura che permettano agli studenti di comprendere ciò che accade "dietro le quinte" delle tecnologie digitali.

Le implicazioni per il sistema educativo sono profonde. In primo luogo, emerge con forza il tema della formazione dei docenti, che dovrà essere ripensata sia in termini iniziali sia in termini di aggiornamento continuo, anche alla luce dei riferimenti europei e delle nuove esigenze legate all'AI literacy. In secondo luogo, si pone il tema dei materiali e delle metodologie didattiche, che dovranno essere coerenti con questi nuovi obiettivi.

Un ulteriore aspetto riguarda l'integrazione dell'informatica con le altre discipline. Le nuove Indicazioni aprono la strada a un approccio trasversale, in cui i concetti informatici dialogano con gli altri ambiti del sapere, contribuendo a costruire percorsi educativi più ricchi e interconnessi.

In questo scenario, la rivista intende offrire un contributo concreto e qualificato al dibattito scientifico e alla pratica educativa, accompagnando in modo critico e informato i processi di innovazione che caratterizzano il sistema formativo nel più ampio contesto della trasformazione digitale.

Desidero rivolgere un sincero ringraziamento alla direttrice uscente, **Viola Schiaffonati** del Politecnico di Milano, per il lavoro svolto negli anni precedenti e per il contributo dato alla crescita culturale della rivista. Un ringraziamento particolare va anche al Presidente di AICA, Antonio Piva, per la fiducia accordatami nell'assumere la responsabilità scientifica di questo nuovo percorso editoriale.

Infine, desidero ringraziare tutta la redazione per l'impegno nel rilancio della rivista e, in particolare, **Pierfranco Ravotto**, che con competenza, esperienza e continuità rappresenta un punto di riferimento fondamentale per *Mondo Digitale*.

L'obiettivo di questa nuova fase è ambizioso: costruire una rivista capace di connettere ricerca, pratica e policy, contribuendo allo sviluppo di una cultura digitale consapevole, critica e scientificamente fondata. In un contesto in cui l'innovazione tecnologica evolve rapidamente, diventa essenziale disporre di luoghi di riflessione autorevoli, aperti e interdisciplinari. *Mondo Digitale* intende essere uno di questi luoghi.

MONDO DIGITALE

n.106 – 2026

Lettera aperta

di **Enrico Nardelli e Walter Quattrociocchi**

La lettera aperta alla società intitolata *Una visione realistica dell'Intelligenza Artificiale* https://www.petizioni.com/visione_realistica_intelligenza_artificiale è stata promossa da Enrico Nardelli e Walter Quattrociocchi a partire da un'esigenza precisa: riportare la discussione sull'IA, spesso distorta da rappresentazioni salvifiche e antropomorfizzate, su basi chiare e realistiche.

Il contesto che ha spinto i promotori ad agire è quello di un dibattito pubblico sempre più lontano dalla realtà tecnica. Recentemente un'intervista di Walter Veltroni sul Corriere della Sera a Claude, il modello IA di Anthropic, ha riacceso la discussione tra gli studiosi su quanto stia deragliando il dibattito sull'IA: l'allarme riguarda la scarsa alfabetizzazione degli italiani sul tema e l'attribuzione ai sistemi di IA di caratteristiche che non possiedono. Si parla di macchine che "pensano", di coscienza artificiale, di sostituzione imminente dell'essere umano — una narrazione alimentata, secondo i promotori della lettera, anche da centinaia di miliardi di investimenti ancora in attesa di un ritorno economico significativo. Il discorso pubblico in merito è pervaso di metafore antropomorfiche che dimenticano i veri problemi e raccontano la tecnologia come magia, tornando ad un approccio pre-scientifico. Bisogna invece parlare di statistica e probabilità, vincoli architetturali e infrastrutturali, e precise responsabilità umane.

Uno dei concetti chiave su cui riflettere è quello di *epistemia*, introdotto da Quattrociocchi, ovvero l'illusione di conoscenza legata alle risposte puramente statistiche fornite dai modelli linguistici di grandi dimensioni. È questa illusione il cuore del problema: quando un sistema di IA generativa produce una risposta fluente e convincente, non sta comprendendo né ragionando — sta calcolando quale output sia statisticamente più coerente con il contesto. Quando sembra sapere qualcosa, genera la sequenza di parole più probabile, senza accesso diretto al mondo e senza meccanismi autonomi di verifica. I risultati tecnici ottenuti sono impressionanti, ma non equivalgono a comprensione nel senso umano del termine.

Un modello linguistico di grandi dimensioni non costruisce sapere nel modo in cui lo fa un essere umano. Non percepisce il mondo circostante e non accumula esperienza vissuta. Genera sequenze di parole verosimili a partire da associazioni statistiche tra dati. Non è una sottigliezza tecnica riservata agli specialisti ma la premessa da cui dipende la possibilità di una comprensione chiara del problema. Non solo, evidenziare gli aspetti tecnici e infrastrutturali dell'IA permette di mettere a fuoco gli aspetti che contano: chi definisce le regole del gioco (incluso il controllo sui dati) e chi ne sorveglia il rispetto, chi trae vantaggio dalla narrazione prevalente e chi ne sopporta i costi.

La lettera, che a fine maggio è stata firmata da più di 335 scienziati e ricercatori, è un invito da parte del mondo accademico a ricondurre la discussione all'interno del modo galileiano di fare scienza e a rigettare l'approccio mediatico basato su opinionisti che dibattono sull'etica degli algoritmi sulla base di scarse conoscenze scientifiche e tecnologiche.

La lettera chiarisce anche dove questi sistemi mostrano le loro fragilità strutturali: funzionano bene quando il problema è simile a situazioni già presenti nei dati di addestramento; diventano inaffidabili quando le informazioni cambiano rapidamente, quando il tema è controverso, o quando ci si allontana significativamente da ciò che il modello ha già visto. In queste situazioni possono produrre risposte apparentemente coerenti ma errate. Il punto non è che a volte sbaglino: è che non dispongono di alcun modo per accorgersene.

Quanto all'AGI — l'intelligenza artificiale generale, capace di comprendere e ragionare autonomamente come un essere umano — gli autori sono espliciti: gli attuali sistemi generativi non presentano queste caratteristiche, e l'aumento di dati e potenza di calcolo migliora le prestazioni senza cambiare la natura del meccanismo di base.

Il vero rischio, secondo i firmatari, non è la tecnologia in sé, ma il modo in cui la interpretiamo. Se trattiamo la fluidità del linguaggio come prova di conoscenza, se deleghiamo il giudizio senza comprendere il funzionamento dello strumento, rischiamo di alterare — spesso senza accorgercene — il criterio con cui riconosciamo ciò che è conoscenza. E questo ha conseguenze culturali, sociali ed economiche concrete.

Se si confonde il racconto dell'intelligenza artificiale con la sua realtà tecnico-scientifica, allora si aprono le porte al controllo sociale attraverso la tecnologia.

La risposta indicata nella lettera è l'alfabetizzazione. Comprendere come funzionano questi sistemi, quali sono i loro limiti e come utilizzarli in modo responsabile è oggi una competenza fondamentale per tutti i cittadini. L'appello è rivolto alla comunità accademica — con una chiamata esplicita a informatici, ma anche a studiosi di ogni altra disciplina — affinché contribuisca attivamente a quest'opera di chiarimento. Spiegare con precisione cosa l'intelligenza artificiale è davvero, e cosa non è, viene indicato come parte integrante del lavoro di ricercatori e docenti: non un compito accessorio, ma una responsabilità pubblica.

Educare all'informatica nelle nuove Indicazioni Nazionali

Per una scuola capace di comprendere, progettare e governare il digitale

Vincenzo Vespri, Università di Firenze

Sommario

Questo contributo affronta il ruolo dell'informatica nelle nuove Indicazioni Nazionali, nato dall'esperienza diretta nel coordinamento della Commissione incaricata di elaborare le indicazioni per le discipline STEM. La tesi di fondo è che introdurre davvero l'informatica nella scuola non significhi aggiungere una materia tecnica, ma ridefinire il modello culturale dell'educazione nell'epoca della società algoritmica e dell'intelligenza artificiale generativa. Il testo distingue tra alfabetizzazione strumentale e comprensione critica del digitale, supera l'equivoco che riduce l'informatica al coding e propone di considerarla una nuova forma di pensiero e una disciplina culturale al pari della matematica. Attraverso il confronto con i modelli internazionali (Estonia, Finlandia, Regno Unito, Stati Uniti e Cina) e con il quadro europeo (DigComp, AI Act, sovranità digitale), l'articolo delinea una via culturale italiana all'educazione informatica, il cui obiettivo non è formare utenti efficienti, ma cittadini capaci di comprendere, progettare e governare criticamente la società digitale.

Parole chiave: informatica, scuola, Indicazioni Nazionali, intelligenza artificiale, pensiero computazionale, coding, cittadinanza digitale, società algoritmica, didattica

Introduzione

Questo contributo nasce da un'esperienza concreta, non da una riflessione puramente teorica. Nasce dai mesi trascorsi nel coordinamento della Commissione incaricata di elaborare le nuove Indicazioni Nazionali per le discipline STEM e, soprattutto, dalle discussioni — spesso intense, talvolta persino conflittuali — che hanno accompagnato il tentativo di introdurre l'informatica nel cuore del curricolo scolastico italiano.

A prima vista il tema sembrava semplice. Tutti, almeno formalmente, concordavano sul fatto che la scuola italiana non possa più ignorare il ruolo dell'informatica e dell'intelligenza artificiale nella società contemporanea. Nessuno metteva realmente in discussione che il mondo stia cambiando rapidamente e che la scuola debba affrontare questa trasformazione.

Ma il consenso terminava esattamente lì. Dietro la parola "informatica" emergevano infatti idee profondamente diverse, e talvolta incompatibili, su ciò che la scuola dovrebbe diventare nel XXI secolo. C'erano matematici preoccupati che l'introduzione dell'informatica finisse per comprimere ulteriormente gli spazi della matematica, già ridotti da anni di semplificazioni didattiche. Vi erano docenti convinti che l'informatica scolastica dovesse coincidere principalmente con il coding o con l'uso operativo degli strumenti digitali. Altri ancora proponevano scenari opposti, immaginando di introdurre già nella scuola primaria intelligenza artificiale, algoritmi genetici, machine learning e robotica avanzata. Accanto a queste posizioni emergeva poi un problema ancora più concreto: chi dovrebbe insegnare questa nuova disciplina? Con quale formazione? Con quali competenze? E soprattutto: l'informatica deve diventare una materia autonoma oppure una competenza trasversale distribuita tra tutte le discipline?

A poco a poco è diventato chiaro che il dibattito sull'informatica non riguardava soltanto una nuova materia scolastica. Riguardava invece il modello culturale stesso della scuola. Perché introdurre realmente l'informatica significa inevitabilmente ridefinire il rapporto tra memoria e conoscenza, il ruolo dell'insegnante, il significato dell'apprendimento, il rapporto tra esseri umani e macchine e, in ultima analisi, la funzione culturale della scuola nella società digitale. Molti dei conflitti emersi durante i lavori della Commissione derivavano proprio da questo. Si discuteva apparentemente di ore curriculari, coding, laboratori o programmi; in realtà si stava discutendo di qualcosa di molto più profondo: quale idea di essere umano, di conoscenza e di cittadinanza debba guidare la scuola del futuro.

L'irruzione dell'intelligenza artificiale generativa ha reso tutto ancora più evidente. Nel giro di pochi anni sistemi come ChatGPT hanno modificato radicalmente il panorama educativo. Per la prima volta nella storia una macchina è diventata capace di produrre testi coerenti, risolvere problemi, generare immagini, sintetizzare libri, tradurre linguaggi e persino scrivere codice. Molte attività tradizionalmente utilizzate dalla scuola per valutare l'apprendimento sono improvvisamente diventate automatizzabili. Di fronte a questa trasformazione la scuola ha reagito spesso in modo difensivo: vietare, controllare, limitare, sospettare. Ma una tecnologia di questa portata non può essere affrontata soltanto con strumenti disciplinari o

amministrativi. L'intelligenza artificiale non rappresenta semplicemente un nuovo software da utilizzare nelle aule; modifica il rapporto stesso tra conoscenza, lavoro cognitivo e produzione culturale. Per questo motivo il problema dell'informatica nelle nuove Indicazioni Nazionali non può essere ridotto alla domanda su quante ore di informatica introdurre nei curricoli. La vera domanda è molto più radicale: quale tipo di scuola può ancora avere senso in una società nella quale le macchine partecipano ormai direttamente ai processi cognitivi? Questa domanda attraversa l'intero contributo.

Negli ultimi anni il dibattito pubblico sul digitale si è spesso mosso tra due estremi opposti. Da una parte vi è stato un entusiasmo ingenuo e tecnocratico, secondo il quale sarebbe sufficiente riempire le scuole di tablet, piattaforme e dispositivi per produrre innovazione educativa. Dall'altra vi è stata una reazione nostalgica e difensiva che vede nella tecnologia soltanto una minaccia per il sapere tradizionale. Entrambe queste posizioni appaiono oggi insufficienti. La questione centrale non è introdurre più tecnologia nella scuola, ma comprendere il significato culturale della rivoluzione digitale.

Per molti anni l'educazione informatica è stata interpretata quasi esclusivamente come alfabetizzazione tecnologica: usare software, navigare in rete, compilare documenti, utilizzare piattaforme. Oggi questo approccio non basta più. Una società che sa usare tecnologie senza comprenderle è una società culturalmente dipendente. Gli algoritmi che organizzano informazioni, orientano consumi, influenzano opinioni politiche e governano piattaforme digitali non sono strumenti neutrali. Incorporano modelli culturali, interessi economici e strutture di potere. Per questo motivo l'informatica deve diventare parte della nuova alfabetizzazione critica del XXI secolo.Comprendere il digitale significa oggi comprendere il rapporto tra dati e potere, il funzionamento degli algoritmi, i limiti dell'automazione, il significato dell'intelligenza artificiale, la trasformazione del lavoro cognitivo e il ruolo delle piattaforme nella democrazia contemporanea. La scuola non può limitarsi a formare utenti efficienti di strumenti digitali. Deve formare cittadini capaci di comprendere criticamente la società algoritmica. Ed è qui che emerge il conflitto più profondo.

La scuola novecentesca era stata costruita per un mondo relativamente stabile, caratterizzato da conoscenze lente, professioni durevoli, tecnologie prevedibili e accesso limitato all'informazione. La società contemporanea è invece dominata dall'accelerazione continua, dall'automazione cognitiva, dai flussi informativi permanenti e dalla trasformazione incessante delle competenze. L'intelligenza artificiale rende evidente questa frattura storica. Se una macchina può produrre contenuti complessi, allora il valore specificamente umano dell'educazione non può più coincidere con la semplice riproduzione delle informazioni. Diventano centrali il pensiero critico, la creatività autentica, la capacità di formulare problemi, la comprensione interdisciplinare e la responsabilità etica. L'informatica assume così una funzione nuova. Non è soltanto una disciplina tecnica. Diventa uno dei linguaggi fondamentali della contemporaneità, al pari della matematica e delle scienze.

Questo contributo nasce precisamente da questa consapevolezza. Non vuole essere un manuale tecnico sull'insegnamento dell'informatica né una celebrazione ingenua della tecnologia. Vuole piuttosto riflettere

su una domanda decisiva per il futuro della scuola europea: come educare esseri umani liberi, critici e consapevoli dentro una società sempre più governata da algoritmi, piattaforme e sistemi intelligenti? La questione riguarda certamente l'informatica. Ma riguarda ancora di più il futuro della democrazia culturale.

Capitolo 1 — La fine della scuola novecentesca

1. Una scuola costruita per il mondo industriale

La scuola nella quale viviamo oggi è, in larga misura, una costruzione del Novecento. Le sue strutture profonde — l'organizzazione delle discipline, la scansione del tempo scolastico, la centralità della lezione frontale, la divisione per età, i programmi standardizzati, il rapporto gerarchico tra docente e studente — nascono all'interno della società industriale europea tra la fine dell'Ottocento e il secolo successivo.

Quella scuola aveva una missione chiara: alfabetizzare masse sempre più ampie di popolazione, costruire identità nazionali condivise e formare lavoratori capaci di inserirsi in sistemi produttivi relativamente stabili. Era una scuola pensata per una società nella quale il sapere evolveva lentamente, le professioni cambiavano poco e l'accesso all'informazione era limitato. Per decenni quel modello ha funzionato. Ha prodotto mobilità sociale, crescita economica e democratizzazione culturale. In molti paesi europei la scuola novecentesca ha rappresentato il principale ascensore sociale del dopoguerra. La conoscenza scolastica coincideva in larga misura con il sapere necessario per partecipare alla vita economica e civile.Oggi, tuttavia, molti dei presupposti su cui quel modello era costruito stanno rapidamente scomparendo.

La rivoluzione digitale non ha semplicemente introdotto nuovi strumenti tecnologici; ha modificato il rapporto stesso tra esseri umani, conoscenza e potere. Internet, smartphone, piattaforme globali e intelligenza artificiale hanno creato un ambiente informazionale radicalmente diverso da quello nel quale nacque la scuola moderna. Per la prima volta nella storia l'accesso all'informazione non rappresenta più il problema principale. Qualunque studente possiede oggi, attraverso uno smartphone, una quantità di informazioni immensamente superiore a quella disponibile in una biblioteca scolastica di pochi decenni fa. Il problema non è più trovare informazioni, ma comprenderle, selezionarle, verificarle e interpretarle criticamente. Questo cambiamento mette in crisi il cuore stesso della scuola trasmissiva.

Se la funzione della scuola era principalmente trasmettere contenuti, cosa accade quando i contenuti diventano immediatamente accessibili? Se le macchine possono produrre testi, traduzioni, immagini e sintesi in pochi secondi, quale significato assume ancora l'apprendimento? La questione è molto più radicale di quanto spesso si pensi. Non riguarda soltanto la didattica o l'introduzione delle tecnologie nelle aule. Riguarda il modello culturale della scuola.

2. L'irruzione della società algoritmica

Negli ultimi vent'anni la società è diventata progressivamente algoritmica. Una parte crescente delle nostre vite viene mediata da sistemi automatici che raccolgono dati, elaborano informazioni e orientano comportamenti. Gli algoritmi decidono quali notizie leggiamo, quali contenuti vediamo sui social network, quali prodotti acquistiamo, quali percorsi seguiamo nelle città, quali pubblicità riceviamo e, sempre più spesso, quali opportunità ci vengono offerte. La caratteristica più sorprendente di questa trasformazione è la sua invisibilità.

Le grandi macchine della rivoluzione industriale erano fisicamente presenti: fabbriche, motori, catene di montaggio. Gli algoritmi invece operano silenziosamente. Agiscono dentro piattaforme apparentemente neutre, nascondendosi dietro interfacce semplici e intuitive. La maggior parte delle persone utilizza quotidianamente sistemi computazionali estremamente sofisticati senza avere alcuna idea del loro funzionamento. Questa situazione produce una frattura culturale enorme. Nel Novecento alfabetizzare significava insegnare a leggere, scrivere e calcolare. Oggi ciò non basta più. Un cittadino incapace di comprendere almeno i principi fondamentali del mondo digitale rischia di diventare dipendente da sistemi che non è in grado né di controllare né di interpretare.

La questione non riguarda soltanto il lavoro o la competitività economica. Riguarda la qualità stessa della democrazia. Una società nella quale le decisioni collettive vengono progressivamente influenzate da piattaforme opache e sistemi automatici richiede cittadini capaci di comprendere il rapporto tra dati, algoritmi e potere. Ed è qui che la scuola entra in crisi. La scuola novecentesca era stata progettata per trasmettere conoscenze relativamente stabili. La società algoritmica, invece, cambia continuamente linguaggi, strumenti e modelli cognitivi. I contenuti diventano rapidamente obsoleti. Le competenze tecniche si trasformano nel giro di pochi anni. Di conseguenza, il problema educativo non può più essere soltanto l'accumulazione delle conoscenze. Diventa centrale la capacità di comprendere sistemi complessi, interpretare il cambiamento e apprendere continuamente.

3. Dalla memoria alla comprensione

Per secoli la scuola si è basata sulla centralità della memoria. Memorizzare date, formule, definizioni e procedure rappresentava una componente essenziale dell'apprendimento. In una società con accesso limitato ai testi e alle informazioni, la memoria costituiva uno strumento fondamentale di partecipazione culturale. La rivoluzione digitale modifica profondamente questa situazione. Oggi una quantità enorme di conoscenze è disponibile istantaneamente. L'intelligenza artificiale generativa rende persino possibile ottenere sintesi, spiegazioni e testi completi in pochi secondi. Questo non significa che la memoria diventi inutile. Significa però che cambia il suo ruolo.

Il valore educativo si sposta progressivamente dalla semplice conservazione delle informazioni alla capacità di comprenderle criticamente. Diventa più importante saper formulare domande che ricordare

automaticamente risposte. Paradossalmente, proprio l'abbondanza informativa rende ancora più necessarie competenze culturali profonde. In un ambiente dominato da flussi continui di contenuti, il rischio principale non è l'ignoranza, ma la confusione. Gli studenti devono imparare a distinguere tra informazione e conoscenza, tra correlazione e spiegazione, tra autorevolezza reale e semplice visibilità algoritmica. La scuola dovrebbe quindi trasformarsi da luogo della trasmissione a luogo dell'interpretazione. Questo cambiamento modifica inevitabilmente anche il ruolo dell'insegnante. Il docente non è più soltanto colui che possiede informazioni che gli studenti non hanno. Diventa guida culturale, mediatore critico e progettista di percorsi cognitivi. È una trasformazione difficile. Molti insegnanti hanno la sensazione che il digitale stia indebolendo l'autorità tradizionale della scuola. In parte è vero. Ma proprio per questo la funzione educativa può diventare ancora più importante. In una società dominata da piattaforme commerciali e automazione cognitiva, la scuola rimane uno dei pochi spazi pubblici dedicati alla costruzione critica del sapere.

4. L'intelligenza artificiale cambia il significato dell'apprendimento

L'arrivo dell'intelligenza artificiale generativa rappresenta probabilmente il punto di rottura definitivo del modello scolastico tradizionale. Per molti anni il digitale era stato percepito soprattutto come uno strumento operativo. I computer servivano principalmente a scrivere testi, fare ricerche, costruire presentazioni o utilizzare software specialistici. L'intelligenza artificiale modifica radicalmente questa prospettiva perché entra direttamente nel cuore dei processi cognitivi. Oggi una macchina è in grado di scrivere un tema, tradurre un testo, sintetizzare un libro, produrre immagini, generare codice, risolvere problemi matematici e costruire contenuti articolati in pochi secondi. Molte attività tradizionalmente utilizzate dalla scuola per valutare l'apprendimento diventano così improvvisamente automatizzabili. La reazione più immediata è spesso difensiva: vietare, controllare, limitare, sospettare. Ma sarebbe un errore storico interpretare l'intelligenza artificiale soltanto come una minaccia.

L'AI costringe infatti la scuola a interrogarsi sulle proprie finalità profonde. Se una macchina può produrre contenuti complessi, allora il valore specificamente umano dell'educazione non può più coincidere con la semplice riproduzione delle informazioni. Diventano centrali il pensiero critico, la creatività autentica, la capacità di costruire significato, il ragionamento interdisciplinare, la comprensione etica e la formulazione di problemi complessi. L'intelligenza artificiale non rende inutile la scuola. Rende invece obsoleta una certa idea di scuola: quella costruita principalmente sulla trasmissione e sulla ripetizione del sapere.

5. Educare nell'epoca dell'automazione cognitiva

La grande sfida educativa del XXI secolo consiste probabilmente nell'evitare che l'automazione tecnologica produca passività culturale. Ogni tecnologia potente tende infatti a delegare all'esterno alcune capacità umane. L'automobile riduce il cammino, il navigatore indebolisce l'orientamento spaziale e l'intelligenza artificiale rischia di ridurre l'autonomia cognitiva. Se gli studenti si limitano a utilizzare sistemi intelligenti

senza comprenderli, la scuola rischia di produrre individui tecnologicamente competenti ma culturalmente dipendenti. Per questo motivo il problema dell'informatica non può essere ridotto al semplice uso delle tecnologie. La vera questione è comprendere il mondo digitale.

Comprendere il digitale significa capire come funzionano gli algoritmi, come vengono utilizzati i dati, quali logiche governano le piattaforme, quali limiti possiede l'automazione e quali rapporti esistono tra tecnologia, economia e democrazia. L'informatica assume così una funzione nuova. Non è più soltanto una disciplina tecnica, ma una forma di alfabetizzazione critica della contemporaneità. La scuola del futuro dovrà quindi formare non semplici utenti di strumenti digitali, ma cittadini capaci di comprendere, progettare e governare criticamente la società algoritmica. Ed è proprio da questa esigenza che nasce la necessità di ripensare radicalmente il ruolo dell'informatica nelle nuove Indicazioni Nazionali.

Capitolo 2 — Chi governa gli algoritmi governa la società

1. Dati, algoritmi e nuovi centri di potere

Per comprendere perché l'informatica sia diventata una questione educativa centrale, occorre prima comprendere come sia cambiata la struttura del potere nella società contemporanea. Per secoli il potere economico e politico si è fondato principalmente sul controllo della terra, delle risorse naturali, delle infrastrutture produttive o del capitale finanziario. La rivoluzione digitale ha introdotto un nuovo elemento strategico: il controllo dell'informazione. Le grandi piattaforme tecnologiche globali raccolgono oggi quantità immense di dati relativi ai comportamenti individuali. Ogni ricerca online, ogni acquisto, ogni spostamento, ogni interazione social, ogni contenuto visualizzato produce informazioni che vengono registrate, elaborate e trasformate in modelli predittivi.

I dati sono diventati il nuovo carburante dell'economia digitale. Ma il vero potere non risiede soltanto nella raccolta dei dati. Risiede soprattutto nella capacità di interpretarli attraverso algoritmi sempre più sofisticati. Gli algoritmi rappresentano oggi il cuore invisibile della società contemporanea. Essi selezionano contenuti, orientano consumi, filtrano informazioni, suggeriscono relazioni, prevedono comportamenti e influenzano decisioni collettive. La loro forza deriva anche dalla loro invisibilità. Le piattaforme digitali appaiono spesso come strumenti neutri e semplici da utilizzare. In realtà dietro quelle interfacce intuitive operano sistemi computazionali estremamente complessi, progettati per massimizzare attenzione, coinvolgimento e permanenza degli utenti. Il problema fondamentale è che la maggior parte delle persone utilizza quotidianamente questi sistemi senza comprenderne il funzionamento. Per la prima volta nella storia una parte crescente dell'esperienza sociale, culturale e politica viene mediata da infrastrutture algoritmiche controllate da soggetti privati globali. Questo modifica profondamente il rapporto tra cittadini, conoscenza e potere.

Nel Novecento il potere culturale passava principalmente attraverso istituzioni riconoscibili: scuola, università, giornali, partiti politici, televisioni pubbliche. Oggi una parte crescente della formazione

dell'opinione pubblica passa attraverso piattaforme private governate da logiche algoritmiche opache. È una trasformazione enorme, e spesso sottovalutata. Quando un algoritmo decide quali notizie mostrare, quali contenuti rendere visibili o quali temi far emergere nel dibattito pubblico, esso esercita inevitabilmente una forma di potere culturale e politico. La questione non riguarda soltanto la tecnologia. Riguarda la struttura stessa della democrazia contemporanea.

2. La democrazia nell'epoca delle piattaforme

Per molto tempo internet era stato immaginato come uno spazio di libertà diffusa, accesso universale alla conoscenza e democratizzazione dell'informazione. In parte questa promessa si è realizzata. Mai nella storia umana così tante persone hanno avuto accesso a una quantità così ampia di contenuti, strumenti e possibilità comunicative. Tuttavia, la maturazione dell'ecosistema digitale ha prodotto effetti molto più ambigui. Le piattaforme contemporanee non si limitano a ospitare informazioni. Esse organizzano l'attenzione collettiva. Decidono quali contenuti privilegiare, quali relazioni rendere visibili e quali messaggi amplificare. La società digitale non è semplicemente una società con più informazioni; è una società nella quale l'accesso all'informazione è costantemente mediato da algoritmi.

Questo cambia profondamente il funzionamento della sfera pubblica. Nel modello democratico classico il pluralismo si fondava almeno in parte sulla molteplicità delle fonti informative e sulla trasparenza relativa dei processi editoriali. Nella società delle piattaforme, invece, gran parte della selezione delle informazioni avviene attraverso meccanismi automatici difficili da comprendere persino per gli specialisti. La logica dominante non è quella della qualità culturale o della rilevanza democratica, ma quella dell'ottimizzazione dell'attenzione. I contenuti vengono selezionati perché generano coinvolgimento emotivo, permanenza online e interazione continua.

Questo produce conseguenze profonde. La polarizzazione del dibattito pubblico, la diffusione della disinformazione, la velocità delle campagne manipolative e il successo delle fake news non sono semplicemente effetti collaterali accidentali. Sono anche il risultato di un ecosistema algoritmico progettato per massimizzare l'intensità dell'interazione. In questo contesto la cittadinanza democratica richiede competenze completamente nuove. Non basta più saper leggere e scrivere nel senso tradizionale del termine. Occorre comprendere come funzionano le piattaforme, quali logiche economiche le governano, come vengono raccolti e utilizzati i dati e in che modo gli algoritmi influenzano la costruzione dell'opinione pubblica. L'alfabetizzazione digitale assume così una dimensione politica. La scuola non può ignorare questa trasformazione. Se gli studenti trascorrono una parte crescente della propria vita dentro ambienti algoritmici, allora comprendere quei sistemi diventa parte essenziale della formazione democratica.

3. Algoritmi invisibili e manipolazione dell'attenzione

Uno degli aspetti più inquietanti della società algoritmica è la progressiva invisibilità dei meccanismi di controllo. Nel passato le forme di potere erano generalmente riconoscibili. Le istituzioni politiche,

economiche e culturali possedevano strutture relativamente visibili. Oggi, invece, una parte crescente delle decisioni che influenzano la vita quotidiana viene delegata a sistemi automatici opachi. Gli algoritmi che regolano social network, motori di ricerca, piattaforme video o sistemi pubblicitari operano silenziosamente. L'utente percepisce soltanto il risultato finale: il contenuto che appare sullo schermo, il suggerimento ricevuto, la notizia visualizzata.Ma dietro quella apparente semplicità esistono modelli matematici estremamente sofisticati costruiti per prevedere e orientare comportamenti.

La vera materia prima della società digitale è l'attenzione umana. Le piattaforme competono continuamente per catturare tempo cognitivo. Ogni click, ogni visualizzazione e ogni interazione diventano dati utilizzabili per perfezionare ulteriormente i modelli predittivi. Si crea così un circuito nel quale gli algoritmi imparano progressivamente a conoscere desideri, paure, preferenze e fragilità degli utenti.

Questo produce una trasformazione antropologica significativa. L'essere umano contemporaneo vive immerso in un ambiente informazionale continuamente personalizzato. Due persone diverse non vedono più necessariamente lo stesso mondo digitale. Gli algoritmi costruiscono esperienze informative differenti sulla base dei dati raccolti. La conseguenza è una progressiva frammentazione dello spazio pubblico.

La scuola dovrebbe affrontare apertamente questi problemi. Non per demonizzare la tecnologia, ma per sviluppare consapevolezza critica. Gli studenti devono comprendere che le piattaforme non sono semplici strumenti neutrali. Sono ecosistemi economici e culturali progettati per orientare attenzione e comportamento. Senza questa comprensione, il rischio è la formazione di cittadini formalmente connessi ma sostanzialmente passivi.

4. Perché l'informatica è una questione politica

Per molti anni l'informatica è stata percepita soprattutto come disciplina tecnica. Si pensava che riguardasse principalmente computer, software, programmazione e infrastrutture tecnologiche. Oggi questa visione appare insufficiente. L'informatica è diventata una questione politica nel senso più profondo del termine, perché le infrastrutture digitali organizzano ormai una parte crescente della vita collettiva. Esse influenzano il lavoro, l'informazione, la comunicazione, il consumo, l'educazione e perfino la partecipazione democratica. Gli algoritmi non sono neutri. Ogni sistema computazionale incorpora inevitabilmente scelte progettuali, priorità economiche e modelli culturali. Anche l'intelligenza artificiale riflette questo problema. I sistemi di AI apprendono da enormi quantità di dati storici e tendono quindi a riprodurre strutture culturali già presenti nella società. Bias, discriminazioni e squilibri non vengono eliminati automaticamente dalla tecnologia; spesso vengono amplificati. Per questo motivo comprendere il funzionamento dei sistemi digitali non può essere considerata una competenza riservata agli specialisti. Diventa una forma di cittadinanza. La scuola dovrebbe aiutare gli studenti a comprendere il rapporto tra tecnologia e potere nello stesso modo in cui insegna il funzionamento delle istituzioni democratiche, dei sistemi economici o della storia politica. In

assenza di questa consapevolezza, la società rischia di delegare progressivamente decisioni fondamentali a sistemi automatici che pochi comprendono realmente.

5. Sovranità digitale e cittadinanza

Negli ultimi anni è emerso con sempre maggiore forza il tema della sovranità digitale. Gran parte delle infrastrutture tecnologiche utilizzate quotidianamente in Europa appartiene infatti a grandi corporation extraeuropee. Motori di ricerca, social network, piattaforme cloud, sistemi operativi e modelli di intelligenza artificiale sono controllati principalmente da soggetti privati statunitensi o, in prospettiva crescente, cinesi. Questa situazione crea una nuova forma di dipendenza culturale e tecnologica. La questione non riguarda soltanto il mercato o la competitività industriale. Riguarda la capacità di una società di comprendere e governare gli strumenti che organizzano la propria vita collettiva.

Una popolazione incapace di comprendere il funzionamento dei sistemi digitali rischia inevitabilmente di subirli passivamente. Per questo motivo la scuola assume oggi un ruolo strategico. Educare all'informatica significa anche costruire autonomia culturale. Significa formare cittadini capaci di comprendere il mondo digitale invece di limitarsi a consumarlo. La vera posta in gioco non è semplicemente l'acquisizione di competenze tecniche. È la possibilità di mantenere uno spazio di libertà critica dentro una società sempre più organizzata da algoritmi, dati e sistemi intelligenti. L'informatica scolastica non dovrebbe quindi limitarsi a insegnare l'uso degli strumenti digitali. Dovrebbe contribuire alla formazione di una nuova cittadinanza democratica, capace di comprendere il rapporto tra tecnologia, potere e libertà nella società contemporanea.

Capitolo 3 — L'intelligenza artificiale e la crisi del sapere scolastico

1. ChatGPT e la fine del compito tradizionale

L'arrivo dei sistemi di intelligenza artificiale generativa ha prodotto nella scuola una delle più grandi discontinuità culturali degli ultimi decenni. Per la prima volta strumenti accessibili a chiunque sono diventati capaci di produrre testi coerenti, risolvere problemi, costruire argomentazioni, tradurre linguaggi, sintetizzare contenuti e persino simulare dialoghi complessi. Molti insegnanti hanno percepito immediatamente la portata di questa trasformazione. In pochi mesi attività scolastiche considerate per anni fondamentali — temi, relazioni, sintesi, esercizi, presentazioni — sono diventate facilmente automatizzabili. Uno studente può oggi ottenere in pochi secondi un elaborato formalmente corretto senza possedere realmente le competenze necessarie per produrlo autonomamente.

Questa situazione genera inevitabilmente smarrimento. Una parte della scuola reagisce cercando di difendere il modello tradizionale attraverso divieti, controlli o tentativi di limitazione dell'uso dell'AI. Ma il problema non può essere affrontato soltanto in termini disciplinari. L'intelligenza artificiale non rappresenta una semplice scorciatoia tecnologica. Rappresenta un cambiamento profondo del rapporto tra esseri umani

e conoscenza. Per secoli la scuola ha identificato l'apprendimento con la capacità di produrre contenuti. Scrivere un testo, risolvere un problema o sintetizzare un argomento costituivano prove relativamente affidabili del possesso di determinate competenze cognitive. Oggi questa equivalenza entra in crisi. Se una macchina può produrre risultati formalmente convincenti, allora il problema educativo non consiste più semplicemente nel verificare il prodotto finale. Diventa necessario comprendere i processi cognitivi che stanno dietro alla produzione del sapere. È una trasformazione enorme. La scuola novecentesca era costruita in larga misura sulla scarsità dell'informazione e sulla difficoltà della produzione culturale. L'intelligenza artificiale introduce invece una condizione opposta: abbondanza quasi illimitata di contenuti generabili automaticamente. Questo non significa che lo studio perda valore. Significa però che cambia radicalmente il significato dell'apprendimento.

2. Se le macchine scrivono, cosa deve fare la scuola?

La domanda che attraversa oggi il mondo dell'educazione è tanto semplice quanto destabilizzante: se le macchine possono scrivere, cosa deve fare la scuola? Per comprendere la profondità di questa domanda occorre evitare due errori opposti. Il primo consiste nel considerare l'intelligenza artificiale come una minaccia assoluta destinata a distruggere l'apprendimento umano. Il secondo consiste nell'entusiasmo ingenuo di chi immagina che l'AI possa sostituire automaticamente processi educativi complessi. Entrambe queste posizioni nascono da una comprensione superficiale del problema. Le macchine non comprendono realmente il significato dei contenuti che producono. I moderni sistemi generativi operano attraverso correlazioni statistiche apprese da enormi quantità di dati. Essi simulano efficacemente il linguaggio umano, ma non possiedono esperienza del mondo, intenzionalità o consapevolezza semantica. Eppure, questa distinzione filosofica non elimina il problema educativo. Perché, dal punto di vista pratico, i risultati prodotti dall'AI sono spesso sufficientemente convincenti da rendere inadeguati molti strumenti tradizionali di valutazione scolastica.

La scuola si trova quindi davanti a una scelta storica. Può tentare di conservare artificialmente modelli educativi pensati per un mondo precedente alla rivoluzione algoritmica, oppure può ridefinire le proprie finalità profonde. In realtà l'intelligenza artificiale rende visibile un problema che esisteva già da tempo. Molte attività scolastiche erano diventate progressivamente meccaniche e ripetitive molto prima dell'arrivo di ChatGPT. In molti casi gli studenti venivano addestrati soprattutto a riprodurre informazioni, applicare procedure standard o costruire elaborati formalmente corretti. L'AI mostra brutalmente i limiti di questo modello. Se una macchina può svolgere automaticamente attività puramente riproduttive, allora il valore specificamente umano dell'educazione deve spostarsi verso altre dimensioni: interpretazione, creatività, pensiero critico, capacità di formulare domande autentiche, comprensione interdisciplinare e responsabilità etica. Paradossalmente l'intelligenza artificiale potrebbe costringere la scuola a ritrovare la propria funzione culturale più profonda.

3. Intelligenza artificiale e creatività

Uno degli aspetti più sorprendenti dell'AI generativa riguarda il rapporto tra automazione e creatività. Per molto tempo si è pensato che le macchine potessero sostituire soprattutto attività ripetitive e standardizzate, mentre la creatività sarebbe rimasta una prerogativa esclusivamente umana. Oggi questa convinzione appare meno solida. I sistemi di intelligenza artificiale sono in grado di produrre immagini artistiche, testi letterari, musica, codice informatico e contenuti narrativi spesso molto sofisticati.

Questo fenomeno produce inevitabilmente inquietudine. Se una macchina può generare opere apparentemente creative, cosa distingue ancora la produzione umana? E soprattutto: quale ruolo può avere la scuola in un mondo nel quale la produzione di contenuti diventa automatizzabile? In realtà il problema non riguarda soltanto l'arte o la scrittura. Riguarda il significato stesso della creatività contemporanea. La creatività autentica non consiste semplicemente nella combinazione di elementi linguistici o stilistici. Essa implica esperienza, intenzionalità, capacità di attribuire significato al mondo, consapevolezza del contesto storico e responsabilità interpretativa. Le macchine possono produrre variazioni sofisticate di contenuti esistenti, ma non possiedono una relazione esistenziale con ciò che producono. Tuttavia, l'efficacia dell'AI generativa modifica inevitabilmente il lavoro intellettuale umano.

Molte professioni creative stanno già cambiando. Designer, giornalisti, programmatori, traduttori, illustratori e autori si trovano a collaborare quotidianamente con sistemi intelligenti. La scuola dovrebbe preparare gli studenti a questa nuova realtà, evitando sia il rifiuto nostalgico della tecnologia sia l'illusione che la creatività umana possa essere semplicemente sostituita. L'educazione dovrà probabilmente concentrarsi sempre più sulla capacità di dare senso, interpretare criticamente e costruire visioni originali del mondo.

4. Il rischio della dipendenza cognitiva

Ogni tecnologia potente modifica inevitabilmente il funzionamento cognitivo degli esseri umani. La scrittura ridusse il ruolo della memoria orale. La stampa trasformò il rapporto con il sapere. Internet modificò l'accesso all'informazione. L'intelligenza artificiale rischia ora di trasformare direttamente il rapporto tra esseri umani e processi cognitivi. Il rischio principale non è tanto la sostituzione completa dell'intelligenza umana quanto la progressiva delega delle funzioni cognitive fondamentali. Se gli studenti si abituassero a utilizzare continuamente sistemi automatici per scrivere, sintetizzare, tradurre, analizzare o argomentare, potrebbero progressivamente indebolire la propria autonomia intellettuale. La disponibilità immediata di risposte automatiche rischia di ridurre il tempo della riflessione, dell'approfondimento e della costruzione personale del sapere. La velocità dell'intelligenza artificiale entra infatti in tensione con i tempi lenti dell'apprendimento umano. Comprendere davvero un problema richiede spesso incertezza, errore, fatica cognitiva e rielaborazione personale. Le macchine tendono invece a eliminare proprio queste zone di attrito, offrendo risultati immediati e apparentemente completi. La scuola dovrebbe quindi affrontare apertamente il

problema della dipendenza cognitiva. Non si tratta di impedire l'uso dell'intelligenza artificiale, ma di insegnare a utilizzarla criticamente. Gli studenti devono comprendere quando l'automazione rappresenta un supporto utile e quando invece rischia di sostituire processi cognitivi essenziali. In assenza di questa consapevolezza il rischio è la formazione di individui capaci di utilizzare strumenti sofisticati ma progressivamente meno capaci di pensare autonomamente.

5. La scuola come luogo del pensiero critico

Proprio mentre le piattaforme digitali e l'intelligenza artificiale trasformano il rapporto con la conoscenza, la scuola potrebbe diventare uno dei pochi spazi sociali dedicati alla costruzione critica del sapere. Questa funzione appare oggi più importante che mai. Viviamo immersi in flussi continui di informazioni, immagini e contenuti generati automaticamente. In questo ambiente il problema non è più soltanto accedere al sapere, ma distinguere tra verità e manipolazione, tra informazione e propaganda, tra conoscenza autentica e semplice plausibilità algoritmica. La scuola dovrebbe quindi assumere una nuova centralità culturale. Non più luogo della semplice trasmissione delle informazioni, ma spazio di interpretazione critica, confronto razionale e costruzione della consapevolezza.
Questo implica anche una trasformazione del ruolo dell'insegnante. Il docente non può più essere soltanto colui che possiede informazioni che gli studenti non hanno. Diventa guida culturale, mediatore critico e progettista di percorsi cognitivi capaci di sviluppare autonomia intellettuale. L'intelligenza artificiale non elimina la necessità della scuola. La rende invece ancora più necessaria. Perché in una società governata da algoritmi e sistemi automatici, il vero problema educativo non è produrre più informazioni, ma formare esseri umani capaci di comprenderne il significato.

Parte II — Che cos'è davvero l'informatica

Capitolo 4 — L'equivoco del coding

1. Come il coding ha cambiato la scuola

Negli ultimi quindici anni il coding è diventato uno dei simboli più visibili dell'innovazione scolastica. Poche parole hanno avuto una diffusione così rapida nel dibattito educativo italiano ed europeo. Laboratori, settimane del coding, robot educativi, ambienti visuali e piattaforme digitali sono entrati progressivamente nelle scuole di ogni ordine e grado, spesso accompagnati dall'idea che programmare rappresenti la nuova alfabetizzazione del XXI secolo. Questo fenomeno non è stato privo di effetti positivi. Per molti anni la scuola aveva vissuto il digitale quasi esclusivamente come tecnologia passiva. Gli studenti imparavano soprattutto a utilizzare software progettati da altri: videoscrittura, presentazioni, fogli elettronici, piattaforme online. Il coding ha introdotto invece un'idea diversa: il computer non come semplice strumento da consumare, ma

come ambiente da progettare e controllare. Per molti bambini e ragazzi scrivere un programma, anche molto semplice, ha rappresentato la scoperta che il digitale non è magia, ma costruzione umana. Attraverso ambienti come Scratch o la robotica educativa, molti studenti hanno iniziato a sviluppare intuizioni importanti sulla logica, sulla sequenzialità dei processi e sul rapporto tra istruzioni e comportamento delle macchine.
Il coding ha inoltre avuto il merito di reintrodurre nella scuola una dimensione laboratoriale spesso trascurata. Programmare significa sperimentare, verificare errori, correggere procedure, costruire soluzioni. In questo senso il coding ha contribuito a diffondere metodologie didattiche più attive e partecipative. Esso ha avuto anche un forte valore simbolico. In una società dominata dalle tecnologie digitali, il coding è apparso a molti come uno strumento di emancipazione culturale. Non limitarsi a utilizzare applicazioni costruite da altri, ma imparare almeno in parte a comprenderne la logica interna. Tuttavia, proprio il grande successo del coding ha generato un equivoco profondo: l'idea che il coding coincida con l'informatica. Ed è qui che iniziano i problemi.

2. Perché il coding non basta

Ridurre l'informatica al coding significa ridurre una disciplina scientifica complessa a una singola attività tecnica. È un po' come identificare la matematica con il semplice calcolo aritmetico o la letteratura con l'ortografia. La programmazione rappresenta certamente una componente importante dell'informatica, ma non esaurisce minimamente la natura culturale e scientifica della disciplina. Molte attività di coding scolastico rischiano infatti di rimanere superficiali. Gli studenti imparano a muovere personaggi sullo schermo, costruire semplici giochi o assemblare blocchi logici senza sviluppare una reale comprensione dei sistemi computazionali. In questi casi il coding diventa una sorta di nuova educazione tecnica semplificata, spesso più vicina all'intrattenimento tecnologico che alla formazione scientifica. Il problema non riguarda il coding in sé, ma il modo in cui viene interpretato. Quando il coding viene presentato come obiettivo finale dell'educazione informatica, la scuola rischia di perdere di vista questioni molto più profonde: che cos'è un algoritmo? Come funzionano i dati? In che modo le piattaforme organizzano l'informazione? Qual è il rapporto tra automazione e società? Come opera l'intelligenza artificiale? L'informatica contemporanea non riguarda soltanto la scrittura di codice. Riguarda la costruzione di modelli, la gestione dell'informazione, la simulazione della realtà, il funzionamento delle reti, la cybersecurity, l'intelligenza artificiale e il rapporto tra dati e potere.
Il rischio culturale è enorme. Una scuola che riduce l'informatica al coding potrebbe produrre studenti capaci di utilizzare strumenti di programmazione elementare ma incapaci di comprendere realmente il mondo digitale nel quale vivono.
L'equivoco appare ancora più evidente oggi, nell'epoca dell'intelligenza artificiale generativa. Se una macchina può produrre automaticamente codice informatico, allora il valore educativo non può più coincidere semplicemente con l'apprendimento della sintassi di un linguaggio di programmazione. Diventa invece

centrale comprendere problemi, progettare sistemi, interpretare risultati e valutare criticamente il comportamento delle tecnologie.

3. Programmare non significa comprendere

Esiste una differenza fondamentale tra saper programmare e comprendere l'informatica.
Molti studenti riescono oggi a costruire piccoli programmi senza possedere alcuna idea del funzionamento reale dei sistemi computazionali. Allo stesso modo milioni di persone guidano quotidianamente un'automobile senza conoscere la meccanica che ne permette il funzionamento. La scuola dovrebbe evitare questa stessa semplificazione nel rapporto con il digitale. Programmare può certamente sviluppare capacità logiche e progettuali. Ma se il coding rimane confinato a esercizi procedurali, esso rischia di produrre una forma di alfabetizzazione estremamente limitata.
Comprendere l'informatica significa invece comprendere che dietro ogni sistema digitale esistono modelli astratti, strutture dati, algoritmi, reti, architetture computazionali e logiche di rappresentazione dell'informazione. Significa comprendere che le piattaforme non sono semplici strumenti neutri, ma ecosistemi complessi che incorporano scelte economiche, culturali e politiche. L'informatica è una scienza della rappresentazione e dell'elaborazione dell'informazione. La programmazione costituisce soltanto uno dei linguaggi attraverso cui questa scienza si esprime. Il problema educativo centrale non è quindi insegnare semplicemente a scrivere codice, ma sviluppare una forma mentis capace di comprendere processi, relazioni e sistemi complessi. Questo sposta profondamente la prospettiva pedagogica. Il coding non dovrebbe essere presentato come fine, ma come possibile strumento introduttivo verso una comprensione più ampia del paradigma computazionale.

4. Il rischio dell'informatica ridotta a laboratorio

Negli ultimi anni molte scuole hanno affrontato il tema dell'informatica attraverso attività extracurricolari, laboratori occasionali o progetti speciali. In parte ciò è stato inevitabile, data l'assenza storica di una reale presenza strutturata dell'informatica nei curricoli italiani. Tuttavia, questo approccio ha prodotto un effetto collaterale significativo: l'informatica è stata spesso percepita come qualcosa di separato dalla cultura generale della scuola. Un laboratorio di coding il pomeriggio, una settimana dedicata alla robotica o qualche attività sulla sicurezza online rappresentano certamente iniziative utili, ma da sole non bastano a costruire una vera educazione informatica. Il rischio è quello di trasformare il digitale in una sorta di appendice tecnologica del curricolo, senza incidere realmente sul modello culturale dell'educazione. L'informatica non può essere confinata in uno spazio marginale o puramente laboratoriale. La rivoluzione digitale ha modificato il funzionamento stesso della conoscenza contemporanea. Essa attraversa ormai matematica, fisica, biologia, economia, comunicazione, arte e scienze sociali. Per questo motivo l'informatica dovrebbe diventare parte integrante della formazione culturale generale. Ciò non significa che ogni disciplina debba

trasformarsi in informatica. Significa piuttosto riconoscere che il paradigma computazionale costituisce oggi uno dei linguaggi fondamentali della contemporaneità. La scuola italiana fatica ancora a compiere questo passaggio. Molto spesso il digitale viene affrontato come semplice aggiornamento tecnologico, mentre la vera trasformazione riguarda il modo stesso in cui la società produce conoscenza, organizza informazioni e costruisce relazioni sociali.

5. Dalla sintassi alla comprensione dei sistemi

La vera sfida educativa consiste quindi nel passare dalla sintassi alla comprensione dei sistemi. Per molti anni l'educazione informatica si è concentrata soprattutto sugli strumenti: imparare un linguaggio, utilizzare una piattaforma o conoscere un software. Ma nella società contemporanea gli strumenti cambiano rapidamente. Linguaggi e applicazioni diventano obsoleti nel giro di pochi anni. Ciò che rimane stabile è invece la capacità di comprendere strutture profonde. Comprendere un sistema digitale significa capire come interagiscono dati, algoritmi, reti e processi decisionali. Significa comprendere che ogni piattaforma rappresenta un ecosistema complesso nel quale dimensioni tecnologiche, economiche e culturali si intrecciano continuamente. Questo approccio modifica radicalmente anche il significato del pensiero computazionale. Il pensiero computazionale non dovrebbe essere interpretato come semplice addestramento alla programmazione, ma come capacità di leggere la complessità del mondo attraverso modelli, relazioni e processi. In questa prospettiva l'informatica dialoga naturalmente con la matematica, le scienze, la filosofia, l'economia, i linguaggi, l'arte e l'educazione civica. La scuola del futuro dovrà probabilmente insegnare meno sintassi e più comprensione sistemica. Perché il problema centrale non sarà più semplicemente utilizzare tecnologie digitali, ma comprendere una società sempre più organizzata da sistemi computazionali invisibili. Ed è proprio qui che il coding mostra contemporaneamente il suo valore e il suo limite. Esso può rappresentare un primo accesso alla logica del digitale, ma non può essere scambiato per l'informatica stessa. L'informatica, oggi, è molto di più.

Capitolo 5 — Informatica: una nuova forma di pensiero

1. Algoritmi, dati e modelli

Per comprendere davvero che cosa sia oggi l'informatica occorre liberarsi da un equivoco molto diffuso: l'idea che essa coincida principalmente con i computer. I computer rappresentano soltanto la manifestazione materiale di qualcosa di molto più profondo. L'informatica contemporanea riguarda infatti il modo in cui le informazioni vengono rappresentate, organizzate, trasformate e utilizzate. Al centro di questo paradigma si trovano tre concetti fondamentali: dati, algoritmi e modelli. I dati costituiscono la materia prima della società digitale. Ogni attività umana produce ormai informazioni trasformabili in dati: movimenti, comunicazioni,

acquisti, immagini, testi, preferenze, relazioni sociali. La società contemporanea genera quantità di dati immensamente superiori a qualsiasi epoca precedente.

Ma i dati da soli non significano nulla. Per acquisire significato devono essere organizzati e interpretati attraverso algoritmi. Un algoritmo è una procedura capace di trasformare informazioni iniziali in risultati finali mediante una sequenza definita di operazioni. Gli algoritmi non appartengono soltanto all'informatica: esistono da secoli nella matematica, nella logica e persino nelle attività quotidiane. Tuttavia, la rivoluzione digitale ha trasformato gli algoritmi nel principale meccanismo di organizzazione della realtà contemporanea. Essi decidono quali contenuti visualizziamo sui social network, suggeriscono prodotti, classificano informazioni, gestiscono flussi finanziari, orientano sistemi logistici e controllano infrastrutture critiche.

Il terzo elemento fondamentale è rappresentato dai modelli. L'informatica contemporanea non si limita infatti a elaborare dati; costruisce rappresentazioni astratte della realtà. Un modello computazionale è una semplificazione del mondo costruita per essere elaborata da una macchina. Attraverso questi modelli è possibile simulare fenomeni fisici, sistemi biologici, reti sociali, mercati economici e processi cognitivi. L'intelligenza artificiale rappresenta oggi il punto più avanzato di questa evoluzione. I sistemi di machine learning costruiscono modelli matematici capaci di riconoscere correlazioni e produrre previsioni attraverso enormi quantità di dati. La vera rivoluzione culturale dell'informatica nasce proprio qui: dalla capacità di rappresentare il mondo attraverso strutture computazionali. La scuola dovrebbe aiutare gli studenti a comprendere questa trasformazione. Non si tratta semplicemente di imparare a usare tecnologie digitali, ma di comprendere il nuovo linguaggio attraverso cui la società contemporanea organizza la conoscenza.

2. Il pensiero computazionale

Negli ultimi anni il concetto di pensiero computazionale è diventato centrale nel dibattito educativo internazionale. Tuttavia, esso viene spesso interpretato in modo riduttivo, quasi come sinonimo di coding o programmazione elementare. In realtà il pensiero computazionale è qualcosa di molto più ampio. Esso rappresenta una modalità di affrontare problemi complessi attraverso processi di analisi, scomposizione, modellizzazione e costruzione di procedure. Significa imparare a riconoscere strutture, relazioni e regolarità all'interno della complessità. Il pensiero computazionale non coincide con la programmazione. Programmare rappresenta soltanto una delle possibili applicazioni di una forma mentis più generale. Uno studente può imparare la sintassi di un linguaggio senza sviluppare un reale pensiero computazionale. Al contrario, è possibile sviluppare intuizioni computazionali profonde anche senza utilizzare direttamente un computer.

Il vero nucleo del pensiero computazionale consiste nella capacità di astrarre problemi, individuare relazioni, costruire modelli, analizzare sistemi e progettare processi. Questa modalità di pensiero possiede una portata culturale enorme perché non riguarda soltanto l'informatica. Essa dialoga naturalmente con la matematica, la fisica, la biologia, l'economia, la filosofia e persino con le scienze umane. La società contemporanea è caratterizzata da sistemi sempre più complessi e interconnessi. Cambiamento climatico, reti sociali,

economia globale, intelligenza artificiale e cybersecurity sono problemi che non possono essere compresi attraverso modelli lineari semplici. Il pensiero computazionale offre strumenti per affrontare questa complessità. La scuola dovrebbe quindi evitare di trasformarlo in una semplice tecnica specialistica. Esso rappresenta invece una nuova forma di alfabetizzazione cognitiva capace di integrare logica, creatività e capacità sistemica.

3. Simulazione e rappresentazione della realtà

Uno degli aspetti più rivoluzionari dell'informatica contemporanea è la capacità di simulare la realtà. Per secoli la conoscenza scientifica si è basata principalmente su osservazione, sperimentazione e formalizzazione matematica. Il paradigma computazionale introduce una dimensione nuova: la possibilità di costruire modelli eseguibili capaci di riprodurre dinamicamente fenomeni complessi. Questo cambia profondamente il modo stesso di fare scienza. Attraverso simulazioni computazionali oggi è possibile studiare fenomeni climatici, sistemi biologici, evoluzioni cosmologiche, reti economiche o dinamiche sociali che sarebbero impossibili da osservare direttamente. La simulazione modifica anche il rapporto tra teoria e pratica. Un modello computazionale non è soltanto una descrizione astratta; è un sistema capace di produrre comportamenti osservabili.

La scuola dovrebbe valorizzare molto di più questa dimensione. Gli studenti non dovrebbero limitarsi a memorizzare formule o definizioni statiche. Potrebbero invece esplorare fenomeni dinamici attraverso simulazioni, visualizzazioni e modelli computazionali. Questo approccio favorisce comprensione sistemica e interdisciplinarità. L'informatica permette infatti di collegare matematica, fisica, biologia, economia e scienze sociali dentro ambienti di simulazione condivisi. La realtà contemporanea appare sempre meno separabile in discipline isolate e sempre più interpretabile come rete di sistemi complessi interconnessi. In questo senso l'informatica non è soltanto una nuova tecnologia. È una nuova forma di rappresentazione del mondo.

4. Informatica e matematica

Uno dei conflitti più significativi emersi durante il dibattito sulle nuove Indicazioni Nazionali riguarda il rapporto tra matematica e informatica. Molti matematici temono che l'introduzione dell'informatica possa ridurre ulteriormente gli spazi della matematica scolastica. Questa preoccupazione non è priva di fondamento, soprattutto in un sistema educativo nel quale il tempo curricolare è limitato.

Ma il problema è spesso impostato male. Informatica e matematica non sono discipline antagoniste. Al contrario, condividono strutture profonde e si sono sviluppate storicamente in stretta relazione reciproca. L'informatica nasce in larga misura dalla matematica. Algoritmi, logica, teoria della computazione, strutture formali e modellizzazione possiedono radici matematiche molto profonde. Allo stesso tempo l'informatica modifica profondamente anche il modo di fare matematica. La simulazione computazionale, l'analisi dei dati, il calcolo simbolico e l'intelligenza artificiale stanno trasformando numerosi settori della ricerca matematica

contemporanea. La scuola dovrebbe quindi superare la contrapposizione artificiale tra queste discipline. L'obiettivo non deve essere sostituire matematica con informatica, ma costruire un dialogo più profondo tra pensiero matematico e paradigma computazionale. Entrambi rappresentano oggi linguaggi fondamentali della contemporaneità. La matematica fornisce rigore, astrazione e capacità dimostrativa. L'informatica aggiunge dinamica, simulazione e gestione della complessità. Separarle rigidamente rischia di impoverire entrambe.

5. L'informatica come disciplina culturale

Il punto forse più importante è comprendere che l'informatica non è semplicemente una disciplina tecnica. Essa rappresenta una delle grandi trasformazioni culturali della modernità contemporanea. Così come la matematica ha modificato il modo di interpretare il mondo fisico e le scienze sperimentali hanno trasformato il rapporto con la natura, l'informatica sta modificando il rapporto tra esseri umani, conoscenza e realtà. Il paradigma computazionale attraversa ormai l'economia, la comunicazione, la medicina, l'arte, la ricerca scientifica, la politica e l'organizzazione sociale. Non comprendere l'informatica significa oggi non comprendere una parte crescente del mondo contemporaneo.
Per questo motivo la scuola dovrebbe riconoscere all'informatica una piena dignità culturale. Non si tratta soltanto di preparare futuri specialisti ICT o programmatori. Si tratta piuttosto di fornire a tutti gli studenti strumenti cognitivi capaci di aiutarli a comprendere la società algoritmica nella quale vivono. L'informatica dovrebbe quindi entrare nella scuola non come semplice aggiornamento tecnico, ma come nuova alfabetizzazione critica della contemporaneità. Il vero problema educativo non è insegnare a usare macchine sempre più sofisticate. È insegnare a comprendere il significato culturale del mondo che quelle macchine stanno costruendo.

Capitolo 6 — L'informatica tra scienza, filosofia e società

1. Il problema dell'intelligenza artificiale

Per molti anni l'informatica è stata considerata soprattutto una disciplina tecnica legata al calcolo automatico, alla gestione delle informazioni e allo sviluppo di software. L'avvento dell'intelligenza artificiale ha però modificato profondamente questa percezione. L'AI non riguarda più soltanto le macchine. Riguarda direttamente il significato stesso dell'intelligenza, della conoscenza e della creatività umana. Per la prima volta nella storia sistemi artificiali sono diventati capaci di produrre testi, immagini, musica, traduzioni e soluzioni complesse con risultati spesso indistinguibili da quelli umani. Questo fenomeno obbliga la scuola, la filosofia e la società nel suo complesso a interrogarsi su questioni che fino a pochi anni fa sembravano appartenere quasi esclusivamente alla fantascienza.

Che cosa significa realmente comprendere? Una macchina può essere considerata intelligente? Qual è la differenza tra simulazione e pensiero? E soprattutto: quale ruolo rimane agli esseri umani in una società nella quale sempre più attività cognitive vengono automatizzate? L'intelligenza artificiale ha riportato al centro del dibattito educativo e culturale domande che riguardano direttamente la natura dell'essere umano. Per questo motivo l'informatica non può più essere insegnata come semplice insieme di tecniche operative. Essa si colloca ormai al confine tra scienza, filosofia, etica e organizzazione sociale. La scuola dovrebbe aiutare gli studenti a comprendere che l'AI non rappresenta soltanto una nuova tecnologia, ma una trasformazione antropologica e culturale profonda.

2. Che cosa significa "comprendere"?

Uno dei problemi più affascinanti posti dall'intelligenza artificiale riguarda il concetto stesso di comprensione. Quando un sistema come ChatGPT produce un testo coerente, traduce una poesia o risolve un problema matematico, possiamo dire che "comprenda" ciò che sta facendo? Oppure si tratta semplicemente di una sofisticata simulazione statistica? Questa domanda attraversa ormai non soltanto la ricerca scientifica, ma anche il mondo dell'educazione. Per secoli il sapere umano è stato associato all'esperienza, alla coscienza e alla capacità di attribuire significato al mondo. I sistemi di intelligenza artificiale, invece, operano attraverso correlazioni matematiche apprese da enormi quantità di dati. Essi producono risultati spesso impressionanti senza possedere esperienza diretta della realtà. Una macchina può parlare del mare senza aver mai visto il mare. Può scrivere di dolore, amore o paura senza aver mai provato emozioni.

Questo crea una situazione culturalmente nuova. La società contemporanea si trova infatti davanti a sistemi capaci di simulare efficacemente il linguaggio umano pur senza possedere coscienza o intenzionalità nel senso tradizionale del termine. La scuola dovrebbe affrontare apertamente questo problema. Non per trasformare l'insegnamento dell'informatica in filosofia astratta, ma perché il rapporto tra esseri umani e sistemi intelligenti modifica inevitabilmente il modo in cui gli studenti percepiscono il sapere, l'intelligenza e perfino la creatività. Comprendere queste differenze diventa parte della nuova alfabetizzazione contemporanea.

3. Macchine che producono conoscenza

L'intelligenza artificiale non si limita più a eseguire istruzioni. Essa produce contenuti, organizza informazioni e partecipa sempre più direttamente ai processi di costruzione del sapere. Questo fenomeno modifica profondamente il rapporto tra conoscenza e autorità culturale. Per secoli la produzione del sapere è stata associata a soggetti umani riconoscibili come studiosi, insegnanti, ricercatori, giornalisti e artisti. Oggi, invece, una parte crescente delle informazioni che circolano nella società viene filtrata, sintetizzata o addirittura generata da sistemi automatici. Molti studenti utilizzano già l'intelligenza artificiale come strumento di studio, supporto alla scrittura, tutor personale, motore di ricerca avanzato, sistema di sintesi o vero e proprio

assistente cognitivo. La distinzione tradizionale tra "conoscenza umana" e "strumento tecnico" diventa così sempre più sfumata.

Questo produce conseguenze educative enormi. La scuola non può più limitarsi a trasmettere contenuti facilmente accessibili attraverso sistemi automatici. Deve invece aiutare gli studenti a sviluppare capacità interpretative, critiche e riflessive che nessuna macchina può sostituire completamente. Inoltre, emerge un problema epistemologico particolarmente delicato: come valutare l'affidabilità di contenuti prodotti automaticamente? I sistemi generativi possono infatti produrre testi convincenti ma errati, citazioni inesistenti, interpretazioni distorte o informazioni false con grande sicurezza linguistica. L'autorevolezza formale non coincide più necessariamente con la verità. Per questo motivo il pensiero critico diventa ancora più importante. Gli studenti dovranno imparare non soltanto a utilizzare l'intelligenza artificiale, ma anche a interrogare criticamente ciò che essa produce.

4. Automazione e libertà

Ogni rivoluzione tecnologica modifica il rapporto tra esseri umani e libertà. Le macchine industriali trasformarono il lavoro fisico. Le tecnologie digitali stanno ora trasformando il lavoro cognitivo. Una parte crescente delle decisioni, delle analisi e dei processi organizzativi viene progressivamente delegata a sistemi automatici. Questo fenomeno produce vantaggi enormi in termini di velocità, efficienza e capacità di elaborazione. Tuttavia, pone anche un problema fondamentale: fino a che punto una società può automatizzare i propri processi decisionali senza ridurre l'autonomia umana?

La questione riguarda direttamente l'educazione. Se gli studenti si abituano a delegare continuamente a sistemi intelligenti attività come la scrittura, la memoria, la sintesi, la traduzione, la progettazione o il problem solving, rischiano progressivamente di perdere parte della propria autonomia cognitiva. La libertà non consiste infatti soltanto nella possibilità di scegliere, ma anche nella capacità di comprendere criticamente il mondo. Una società che utilizza sistemi intelligenti senza comprenderli rischia di trasformarsi in una società tecnologicamente avanzata ma culturalmente dipendente. Per questo motivo l'educazione informatica assume inevitabilmente una dimensione etica e politica. La scuola deve formare cittadini capaci non soltanto di utilizzare strumenti sofisticati, ma anche di mantenere autonomia di giudizio dentro ecosistemi sempre più automatizzati.

5. L'informatica come nuova alfabetizzazione

Nel Novecento alfabetizzare significava insegnare a leggere, scrivere e calcolare. Oggi queste competenze rimangono fondamentali, ma non sono più sufficienti per partecipare pienamente alla società contemporanea. La rivoluzione digitale ha introdotto una nuova forma di alfabetizzazione: la capacità di comprendere il paradigma computazionale. Questo non significa trasformare tutti gli studenti in programmatori o specialisti ICT. Significa piuttosto fornire strumenti culturali per interpretare una società

nella quale dati, algoritmi e sistemi intelligenti organizzano una parte crescente della vita collettiva. L'informatica dovrebbe quindi essere insegnata come una disciplina culturale capace di mettere in relazione logica, matematica, filosofia, scienze, etica, politica e organizzazione sociale.

Essa rappresenta oggi uno dei principali linguaggi della contemporaneità. Non comprendere l'informatica significa non comprendere pienamente il funzionamento del mondo contemporaneo. Per questo motivo la scuola dovrebbe riconoscere all'informatica un ruolo analogo a quello che la matematica ebbe durante la rivoluzione scientifica moderna. Non una semplice tecnica specialistica, ma una forma fondamentale di interpretazione della realtà. La vera sfida educativa del XXI secolo non consiste quindi nell'insegnare a utilizzare strumenti digitali sempre più sofisticati. Consiste nel formare esseri umani capaci di comprendere criticamente il significato culturale, sociale ed etico della rivoluzione algoritmica.

Parte III — Come cambia la scuola

Capitolo 7 — Quale informatica insegnare davvero

1. Una domanda più difficile di quanto sembri

Una delle illusioni più diffuse nel dibattito pubblico sull'educazione digitale consiste nel credere che il problema principale sia decidere "quanta" informatica introdurre nella scuola. In realtà la questione decisiva è molto più complessa: quale informatica insegnare? Dietro questa domanda si nasconde infatti un conflitto culturale profondo. Per alcuni l'informatica scolastica dovrebbe coincidere principalmente con il coding e la programmazione. Per altri dovrebbe essere una forma di alfabetizzazione digitale legata all'uso consapevole delle tecnologie. Vi è poi chi immagina una disciplina fortemente scientifica, vicina alla matematica e alla teoria dei sistemi, e chi invece insiste maggiormente sugli aspetti sociali, etici e culturali del digitale. Tutte queste prospettive contengono elementi validi. Il problema nasce quando una di esse pretende di esaurire da sola il significato dell'informatica contemporanea.

La rivoluzione digitale ha infatti prodotto una trasformazione molto più ampia di quella rappresentabile attraverso una singola disciplina tecnica. Oggi l'informatica attraversa ricerca scientifica, economia, comunicazione, medicina, arte, politica e organizzazione sociale. Di conseguenza anche la scuola deve costruire una visione più articolata e matura del suo insegnamento. L'obiettivo non può essere semplicemente preparare futuri programmatori. La scuola deve invece formare cittadini capaci di comprendere il funzionamento della società algoritmica. Questo implica una conseguenza importante: l'informatica scolastica non può essere organizzata come semplice addestramento tecnologico. Deve diventare una disciplina culturale capace di sviluppare logica, capacità sistemica, comprensione critica e consapevolezza del rapporto tra tecnologia e società.

2. La scuola primaria: intuizioni, logica e scoperta

Nella scuola primaria il problema principale non è insegnare contenuti specialistici, ma costruire intuizioni cognitive fondamentali. Uno degli errori più frequenti consiste nel voler anticipare precocemente argomenti complessi o tecnicismi inutili. L'informatica nella primaria non dovrebbe trasformarsi né in mini-programmazione professionale né in semplice intrattenimento digitale. Il suo obiettivo dovrebbe essere molto più profondo: sviluppare nei bambini la capacità di ragionare per relazioni, sequenze, regole e processi. A questa età il pensiero computazionale può essere introdotto anche senza computer. Giochi logici, attività manipolative, percorsi, costruzioni, simulazioni e attività collaborative permettono di sviluppare intuizioni fondamentali sulla struttura dei processi e sulla rappresentazione delle informazioni.
Il digitale dovrebbe entrare nella primaria soprattutto come linguaggio creativo ed esplorativo. Ambienti visuali come Scratch possono avere un valore importante se utilizzati non come semplice addestramento tecnico, ma come strumenti espressivi attraverso cui i bambini costruiscono storie, simulazioni, giochi e rappresentazioni del mondo. In questa fase è essenziale mantenere equilibrio tra esperienza concreta e mediazione tecnologica. La scuola primaria non deve produrre dipendenza precoce dagli schermi, ma aiutare i bambini a comprendere gradualmente che dietro il funzionamento delle tecnologie esistono regole, modelli e decisioni progettuali. Anche i primi elementi di cittadinanza digitale possono essere introdotti già a questa età, attraverso riflessioni sul rispetto degli altri online, sulla gestione delle informazioni e sull'uso equilibrato delle tecnologie. La vera finalità non è formare piccoli programmatori, ma sviluppare curiosità, capacità logica e consapevolezza critica.

3. La scuola secondaria: sistemi, dati e reti

Nella scuola secondaria il percorso può diventare progressivamente più strutturato. Gli studenti sviluppano infatti maggiori capacità di astrazione e possono iniziare a comprendere il funzionamento dei sistemi digitali in modo più rigoroso. È in questa fase che l'informatica dovrebbe smettere di apparire come semplice laboratorio tecnologico e iniziare a presentarsi come disciplina culturale e scientifica. Gli studenti dovrebbero acquisire gradualmente familiarità con concetti fondamentali come algoritmo, dato, rete, rappresentazione dell'informazione, modellizzazione e automazione. La programmazione può certamente avere un ruolo importante, ma come strumento per comprendere processi e costruire modelli, non come fine in sé.
Particolarmente importante diventa il tema dei dati. La società contemporanea si basa sempre più sulla raccolta, interpretazione e gestione di enormi quantità di informazioni. Gli studenti dovrebbero quindi comprendere come funzionano motori di ricerca, piattaforme sociali, sistemi di raccomandazione e algoritmi predittivi. In questa fase emerge anche il tema della cybersecurity e della cittadinanza digitale. I ragazzi vivono ormai una parte significativa della propria esistenza online. La scuola dovrebbe quindi affrontare in modo esplicito problemi come identità digitale, disinformazione, manipolazione algoritmica, privacy, dipendenza tecnologica e sicurezza delle informazioni. La secondaria dovrebbe inoltre favorire il dialogo tra

informatica e altre discipline. La matematica può dialogare con algoritmi e modellizzazione, le scienze con simulazioni e dati, la filosofia con l'etica dell'intelligenza artificiale, le discipline umanistiche con il rapporto tra piattaforme digitali e costruzione dell'identità. L'informatica dovrebbe diventare progressivamente uno strumento per leggere la complessità del mondo contemporaneo.

4. La scuola superiore: AI, simulazione e complessità

Nella scuola secondaria di secondo grado l'informatica dovrebbe assumere pienamente il ruolo di disciplina culturale della contemporaneità. Gli studenti possiedono ormai strumenti cognitivi sufficienti per affrontare problemi astratti, riflessioni epistemologiche e sistemi complessi. È proprio in questa fase che la scuola dovrebbe introdurre in modo esplicito il rapporto tra informatica, intelligenza artificiale e organizzazione della società. L'obiettivo non deve essere semplicemente insegnare tecnologie destinate a diventare obsolete nel giro di pochi anni. La vera sfida consiste nel fornire strutture concettuali durature. Gli studenti dovrebbero comprendere il significato dei modelli computazionali, il funzionamento dei sistemi intelligenti, il rapporto tra dati e previsione, i limiti dell'automazione, il ruolo degli algoritmi nella vita sociale e la trasformazione del lavoro cognitivo.

L'intelligenza artificiale dovrebbe entrare stabilmente nel curricolo scolastico non come moda tecnologica, ma come problema culturale centrale del XXI secolo. La scuola superiore dovrebbe inoltre valorizzare molto di più simulazione, modellizzazione e interdisciplinarità. Il paradigma computazionale permette oggi di affrontare problemi climatici, economici, biologici e sociali attraverso sistemi dinamici complessi. Comprendere questi modelli significa sviluppare capacità cognitive molto più profonde della semplice memorizzazione delle informazioni. L'informatica, in questa prospettiva, diventa uno strumento per interpretare il mondo contemporaneo.

5. Cosa non bisogna insegnare

Nel dibattito pubblico sull'educazione digitale emergono spesso due errori opposti. Il primo consiste nel ridurre l'informatica all'uso operativo delle tecnologie. In questo caso la scuola rischia di trasformarsi in un centro di addestramento all'utilizzo di piattaforme commerciali destinate a cambiare rapidamente. Il secondo errore consiste invece nell'introdurre precocemente tecnicismi astratti privi di reale significato educativo. La scuola non dovrebbe inseguire continuamente le ultime mode tecnologiche. Non ha senso costruire curricoli centrati su linguaggi specifici, applicazioni temporanee o strumenti destinati a diventare rapidamente obsoleti. Allo stesso modo sarebbe un errore trasformare l'informatica scolastica in una forma di specializzazione professionale anticipata. L'obiettivo non è preparare tecnici iperspecializzati già a dodici o tredici anni. È sviluppare capacità cognitive, comprensione critica e flessibilità culturale. La scuola dovrebbe evitare sia il tecnicismo sia la superficialità. L'informatica non può ridursi né a semplice coding ludico né a

sterile teoria astratta. Deve invece aiutare gli studenti a comprendere il significato culturale della trasformazione digitale.

6. Perché servono curricoli progressivi

Uno dei problemi più evidenti della scuola italiana è la frammentazione delle esperienze digitali. Molte attività legate all'informatica dipendono ancora dall'iniziativa individuale dei singoli docenti o da progetti temporanei privi di una reale continuità educativa. Questo approccio non è più sufficiente. La trasformazione digitale richiede curricoli progressivi, coerenti e verticali, capaci di accompagnare gli studenti lungo tutto il percorso scolastico. L'informatica non può essere introdotta attraverso episodi isolati. Deve diventare parte strutturale della formazione contemporanea. Un curricolo realmente progressivo dovrebbe sviluppare gradualmente intuizioni logiche nella scuola primaria, comprensione dei sistemi nella scuola secondaria e capacità critica insieme a forme più avanzate di modellizzazione nella scuola superiore. Ma soprattutto dovrebbe mantenere una forte continuità culturale. La vera finalità non è insegnare singole tecnologie, ma costruire una nuova forma di alfabetizzazione capace di aiutare gli studenti a vivere consapevolmente dentro la società algoritmica. Ed è proprio questa la grande sfida delle nuove Indicazioni Nazionali: non introdurre semplicemente una nuova disciplina, ma ripensare il rapporto tra scuola, conoscenza e trasformazione tecnologica.

Capitolo 8 — Gli insegnanti davanti alla rivoluzione digitale

1. Il vero problema non sono i computer

Nel dibattito pubblico sulla scuola digitale il tema viene spesso affrontato quasi esclusivamente in termini tecnologici. Si discute di computer, connessioni, piattaforme, dispositivi, laboratori e software. Per molti anni si è pensato che il principale ostacolo all'innovazione fosse la mancanza di strumenti tecnologici nelle scuole. Naturalmente infrastrutture e dispositivi sono importanti. Una scuola priva di connessioni adeguate o di ambienti tecnologici minimi non può affrontare seriamente la trasformazione digitale. Tuttavia, il problema principale non è mai stato soltanto tecnico. La vera questione riguarda il rapporto tra gli insegnanti e il cambiamento culturale prodotto dalla rivoluzione digitale. Molti docenti si trovano oggi davanti a una trasformazione rapidissima che modifica contemporaneamente strumenti, linguaggi, modelli cognitivi e perfino il significato stesso dell'insegnamento. Per una parte significativa del corpo docente questo cambiamento produce inevitabilmente disorientamento.

La difficoltà non nasce da una semplice resistenza conservatrice, come talvolta viene superficialmente affermato. Essa nasce piuttosto dalla velocità con cui il paradigma digitale sta modificando il rapporto tra conoscenza, autorità culturale e apprendimento. Per secoli il docente ha rappresentato una delle principali fonti di accesso al sapere. Oggi gli studenti vivono immersi in ecosistemi informativi nei quali l'insegnante

non possiede più il monopolio delle informazioni. Internet e l'intelligenza artificiale hanno modificato radicalmente questo equilibrio. Molti insegnanti percepiscono quindi una crisi della propria funzione tradizionale. Ma il problema non può essere affrontato contrapponendo tecnologia e scuola. La questione centrale è comprendere come possa trasformarsi il ruolo educativo del docente dentro una società sempre più organizzata da sistemi digitali e intelligenza artificiale. Il punto decisivo non è introdurre più computer nelle aule. È aiutare gli insegnanti a ridefinire la propria funzione culturale nella società algoritmica.

2. La formazione impossibile?

Uno degli argomenti più frequentemente utilizzati contro l'introduzione dell'informatica nelle nuove Indicazioni Nazionali riguarda la formazione dei docenti. Molti sostengono che la scuola italiana non possieda attualmente un numero sufficiente di insegnanti preparati per affrontare seriamente questa trasformazione. Il problema è reale. Per decenni l'informatica è rimasta marginale nella formazione iniziale di gran parte degli insegnanti italiani. Molti docenti oggi in servizio si sono formati in un contesto culturale completamente precedente alla rivoluzione digitale contemporanea. Ma la questione è ancora più complessa.

Non si tratta semplicemente di insegnare agli insegnanti a utilizzare nuovi strumenti tecnologici. La vera difficoltà consiste nel costruire una nuova cultura pedagogica capace di integrare informatica, intelligenza artificiale e pensiero critico dentro il curricolo scolastico. Molti corsi di aggiornamento digitale hanno fallito proprio perché ridotti a semplice addestramento tecnico. Imparare a utilizzare una piattaforma o un software non significa comprendere il significato culturale della trasformazione digitale. La formazione degli insegnanti dovrebbe invece affrontare questioni molto più profonde, come il rapporto tra intelligenza artificiale e apprendimento, il significato del pensiero computazionale, il ruolo dei dati e degli algoritmi nella società, la trasformazione dell'autorità culturale, il problema della dipendenza cognitiva e la costruzione del pensiero critico nell'epoca delle piattaforme. Questo rende inevitabilmente la formazione molto più difficile. Non esistono soluzioni rapide o puramente amministrative. La scuola sta attraversando una trasformazione storica che richiede tempo, riflessione culturale e ridefinizione delle identità professionali. Per questo motivo parlare semplicemente di "aggiornamento digitale" degli insegnanti rischia di essere fuorviante. La vera sfida è costruire una nuova figura docente capace di muoversi criticamente dentro la società algoritmica.

3. La paura dell'informatica

Dietro molte resistenze all'introduzione dell'informatica nella scuola esiste anche una componente più profonda: la paura. Non si tratta soltanto della paura della tecnologia in sé, ma della paura di perdere punti di riferimento culturali consolidati. L'informatica e l'intelligenza artificiale modificano infatti il rapporto con il sapere, il ruolo dell'esperto, il valore della memoria, il significato della scrittura e perfino il concetto stesso di apprendimento. Per molti insegnanti questo produce inevitabilmente una sensazione di instabilità. La scuola tradizionale era costruita attorno a una relativa stabilità delle conoscenze e dei linguaggi. Oggi, invece,

tecnologie, piattaforme e strumenti cambiano continuamente. Ciò genera la percezione di un terreno culturale sempre meno controllabile. Vi è poi un altro elemento spesso sottovalutato: molti docenti temono che il digitale possa impoverire il pensiero, ridurre la concentrazione e favorire superficialità cognitiva.
Queste preoccupazioni non sono prive di fondamento. L'ambiente digitale contemporaneo tende effettivamente a privilegiare velocità, frammentazione dell'attenzione e consumo rapido delle informazioni. Anche l'intelligenza artificiale può produrre dipendenza cognitiva se utilizzata in modo passivo. Ma proprio per questo la scuola non può limitarsi al rifiuto della tecnologia. L'unico modo per affrontare criticamente la trasformazione digitale consiste nel comprenderla. Escludere informatica e intelligenza artificiale dalla scuola significherebbe lasciare gli studenti completamente soli dentro ecosistemi digitali progettati da piattaforme commerciali. La scuola dovrebbe invece diventare il luogo nel quale imparare a comprendere criticamente queste trasformazioni.

4. Nuove figure professionali nella scuola

La trasformazione digitale non modifica soltanto i contenuti dell'insegnamento. Modifica anche l'organizzazione stessa della scuola. Le istituzioni scolastiche del futuro avranno probabilmente bisogno di nuove figure professionali capaci di collegare competenze tecnologiche, pedagogiche e organizzative. Per molti anni il digitale scolastico è stato affidato quasi esclusivamente alla buona volontà di singoli docenti particolarmente interessati all'innovazione tecnologica. Questo modello non è più sostenibile. L'informatica contemporanea richiede infatti competenze scientifiche, organizzative, etiche, metodologiche e infrastrutturali che difficilmente possono essere concentrate in una singola figura professionale. Le scuole dovranno quindi sviluppare forme nuove di collaborazione tra insegnanti, tecnologi, esperti di cybersecurity, specialisti dell'intelligenza artificiale educativa e figure capaci di integrare dimensione tecnica e progettazione didattica. Anche il dirigente scolastico dovrà assumere progressivamente nuove responsabilità nella gestione degli ecosistemi digitali. La scuola del futuro non sarà semplicemente una scuola con più computer. Sarà un ambiente culturale e organizzativo profondamente trasformato dal paradigma computazionale. Questo richiederà inevitabilmente nuove professionalità e nuove forme di cooperazione educativa.

5. L'insegnante come guida critica

Paradossalmente, proprio mentre internet e l'intelligenza artificiale rendono apparentemente superflua la figura tradizionale del docente, il ruolo culturale dell'insegnante potrebbe diventare ancora più importante. In una società nella quale le informazioni sono ovunque disponibili, il vero problema educativo non è più soltanto trasmettere contenuto. Diventa aiutare gli studenti a interpretarli criticamente. L'insegnante del XXI secolo non può più essere semplicemente un trasmettitore di nozioni. Deve diventare guida culturale, mediatore critico e progettista di percorsi cognitivi. Questo significa aiutare gli studenti a distinguere tra

informazione e conoscenza, a riconoscere manipolazioni algoritmiche, a valutare l'affidabilità delle fonti, a comprendere i limiti dell'intelligenza artificiale e a sviluppare autonomia di giudizio.
Il docente assume così una funzione nuova. Non compete con le macchine sul terreno della velocità o della quantità di informazioni. Il suo valore specificamente umano consiste nella capacità di attribuire significato, costruire relazioni culturali e sviluppare pensiero critico. L'intelligenza artificiale non elimina il bisogno di insegnanti. Rende invece ancora più necessaria la presenza di figure educative capaci di orientare gli studenti dentro la complessità della società digitale. La vera sfida della scuola contemporanea non consiste quindi nel sostituire l'insegnante con la tecnologia, ma nel ridefinire il ruolo dell'insegnante dentro un mondo trasformato dalla tecnologia. Ed è proprio da questa ridefinizione che dipenderà in larga misura il futuro dell'educazione nella società algoritmica.

Capitolo 9 — Laboratori, dati e ambienti intelligenti

1. Perché il digitale non è una LIM

Per molti anni la trasformazione digitale della scuola è stata identificata quasi esclusivamente con l'introduzione di dispositivi tecnologici nelle aule. Lavagne interattive, tablet, piattaforme online e registri elettronici sono diventati il simbolo visibile dell'innovazione scolastica. Ma molto spesso questa innovazione è rimasta superficiale. In numerosi casi il digitale si è limitato a sostituire strumenti precedenti senza modificare realmente il modello culturale dell'insegnamento. La lavagna interattiva ha preso il posto della lavagna tradizionale, i documenti digitali hanno sostituito quelli cartacei e le piattaforme online hanno trasferito sullo schermo pratiche didattiche sostanzialmente immutate. Il problema non è la presenza della tecnologia, ma il modo in cui essa viene interpretata. La rivoluzione digitale non consiste semplicemente nell'utilizzo di nuovi strumenti. Essa modifica il modo stesso in cui la conoscenza viene prodotta, organizzata e condivisa. Per questo motivo la scuola non può limitarsi a introdurre tecnologie dentro strutture educative rimaste sostanzialmente novecentesche.
Il digitale non è una lavagna più sofisticata. Esso rappresenta un ambiente cognitivo completamente nuovo, nel quale dati, simulazioni, reti, modelli computazionali e intelligenza artificiale trasformano il rapporto tra studenti, insegnanti e conoscenza. La scuola dovrebbe quindi smettere di considerare il digitale come semplice supporto tecnologico e iniziare a concepirlo come ambiente culturale di apprendimento. Questo implica inevitabilmente una trasformazione degli spazi scolastici, delle metodologie didattiche e delle relazioni educative.

2. Simulazione e apprendimento

Uno degli aspetti più innovativi dell'informatica educativa riguarda la possibilità di utilizzare simulazioni computazionali per trasformare il modo in cui gli studenti apprendono.

Per secoli l'insegnamento scolastico si è fondato prevalentemente sulla trasmissione statica delle conoscenze. Gli studenti studiavano descrizioni teoriche di fenomeni naturali, economici o sociali spesso difficili da visualizzare concretamente. Le tecnologie computazionali permettono oggi qualcosa di diverso. Attraverso simulazioni dinamiche gli studenti possono osservare direttamente il comportamento di sistemi complessi. È possibile simulare fenomeni climatici, processi biologici, reti sociali, mercati economici, sistemi energetici o modelli fisici difficilmente riproducibili in laboratorio tradizionale. Questo cambia profondamente il rapporto con il sapere. Lo studente non si limita più a memorizzare descrizioni astratte. Può modificare parametri, osservare conseguenze, formulare ipotesi e comprendere relazioni dinamiche tra variabili. La simulazione sviluppa così una forma di apprendimento esplorativo molto più vicina al funzionamento reale della ricerca scientifica contemporanea.

Anche il concetto stesso di laboratorio cambia. Il laboratorio del futuro non sarà soltanto uno spazio fisico dedicato agli esperimenti tradizionali, ma un ambiente ibrido nel quale esperienza concreta e modellizzazione computazionale dialogano continuamente. Questo approccio favorisce inoltre interdisciplinarità e pensiero sistemico. Molti problemi contemporanei, dal cambiamento climatico alla gestione energetica, dalla diffusione delle epidemie all'economia globale, possono essere compresi soltanto attraverso modelli complessi e simulazioni dinamiche. L'informatica offre quindi alla scuola nuovi strumenti non soltanto per trasmettere informazioni, ma per sviluppare comprensione profonda dei sistemi contemporanei.

3. Robotica educativa

La robotica educativa rappresenta uno degli esempi più interessanti di integrazione tra informatica, creatività e apprendimento esperienziale. Il robot possiede infatti una caratteristica pedagogicamente molto potente: rende visibile il rapporto tra software e mondo fisico. Gli studenti vedono concretamente come istruzioni, algoritmi e sensori producano comportamenti osservabili. Questo trasforma profondamente il rapporto con il digitale. Molte tecnologie contemporanee operano infatti in modo invisibile. Algoritmi, reti neurali e piattaforme digitali agiscono silenziosamente dietro interfacce apparentemente semplici. La robotica, invece, rende il processo computazionale tangibile e osservabile. Gli studenti possono costruire sistemi che si muovono, reagiscono, misurano, evitano ostacoli e interagiscono con l'ambiente. La robotica educativa favorisce inoltre apprendimento collaborativo, progettazione e problem solving. Costruire un robot significa affrontare problemi concreti, correggere errori, testare ipotesi e integrare competenze diverse. In questo senso la robotica rappresenta un ambiente ideale per sviluppare pensiero computazionale e capacità progettuali. Ma anche qui occorre evitare semplificazioni. La robotica non dovrebbe essere ridotta a semplice attività spettacolare o competitiva. Il suo valore educativo non consiste nell'effetto tecnologico in sé, ma nella possibilità di comprendere il rapporto tra informazione, automazione e organizzazione dei sistemi. La

scuola dovrebbe utilizzare la robotica come strumento per sviluppare comprensione critica delle tecnologie intelligenti, non soltanto abilità operative.

4. Cloud, cybersecurity e infrastrutture

La scuola contemporanea dipende ormai sempre più da infrastrutture digitali complesse. Piattaforme cloud, ambienti online, archivi digitali, sistemi di comunicazione e servizi di intelligenza artificiale organizzano una parte crescente della vita scolastica. Tuttavia, molto spesso queste infrastrutture rimangono invisibili agli occhi degli studenti e persino degli insegnanti. La scuola utilizza il digitale senza comprenderne realmente l'architettura. Questo produce una nuova forma di dipendenza culturale e tecnologica. Le piattaforme educative contemporanee non sono semplici strumenti neutri. Esse raccolgono dati, organizzano informazioni, definiscono modalità di accesso ai contenuti e influenzano il funzionamento stesso dei processi educativi. Per questo motivo la scuola dovrebbe sviluppare una maggiore consapevolezza infrastrutturale. Gli studenti dovrebbero comprendere almeno i principi fondamentali del funzionamento delle reti, della gestione dei dati, dei sistemi cloud e della cybersecurity.
Anche il tema della sicurezza digitale assume oggi un'importanza strategica. La società contemporanea dipende sempre più da infrastrutture vulnerabili ad attacchi informatici, manipolazioni e violazioni dei dati. La scuola non può ignorare questi problemi. Educare alla cybersecurity non significa formare specialisti militari o tecnici della sicurezza, ma sviluppare consapevolezza critica sul rapporto tra tecnologie, dati e protezione della libertà individuale. Privacy, autenticazione, protezione delle informazioni e gestione consapevole delle identità digitali dovrebbero diventare parte integrante della nuova cittadinanza contemporanea.

5. Le scuole come ecosistemi digitali

La trasformazione digitale modifica inevitabilmente anche il modo di concepire l'istituzione scolastica. La scuola del futuro non sarà semplicemente una scuola tradizionale arricchita da strumenti tecnologici. Diventerà progressivamente un ecosistema digitale complesso, nel quale infrastrutture computazionali, ambienti di simulazione, piattaforme collaborative e sistemi intelligenti interagiranno continuamente con la dimensione educativa. Questo cambiamento richiede una nuova visione culturale della scuola. Per molti anni il digitale è stato percepito come elemento aggiuntivo rispetto all'organizzazione scolastica tradizionale. Oggi appare sempre più evidente che esso modifica invece l'intero ambiente di apprendimento. Le scuole dovranno diventare spazi nei quali studenti e insegnanti imparano non soltanto a utilizzare tecnologie, ma anche a comprendere criticamente gli ecosistemi digitali dentro cui vivono. Questo implica ripensare gli spazi, i laboratori, le biblioteche, le modalità di collaborazione, l'organizzazione delle conoscenze e il rapporto tra presenza fisica e ambienti virtuali. La sfida non è costruire scuole dominate dalla tecnologia, ma scuole capaci di governare culturalmente la tecnologia. Perché il problema decisivo non è avere più strumenti digitali. È

formare cittadini capaci di comprendere il significato umano, sociale e politico degli ambienti computazionali nei quali si svolgerà una parte crescente della vita contemporanea.

Parte IV — L'Europa, il mondo e la sfida italiana

Capitolo 10 — L'Europa tra diritti e algoritmi

1. L'Europa davanti alla rivoluzione digitale

Negli ultimi anni l'Unione Europea ha progressivamente compreso che la trasformazione digitale non rappresenta soltanto una questione tecnologica o economica, ma una sfida culturale e politica destinata a ridefinire il futuro delle società democratiche. Per molto tempo l'Europa ha osservato la rivoluzione digitale principalmente come fenomeno industriale dominato dalle grandi piattaforme statunitensi e, più recentemente, dalla crescita tecnologica cinese. Tuttavia, l'espansione dell'intelligenza artificiale, dei sistemi algoritmici e delle piattaforme globali ha reso evidente che il problema non riguarda soltanto il mercato, ma la sovranità culturale e democratica delle società contemporanee. La scuola entra direttamente dentro questo scenario. Le istituzioni educative europee si trovano infatti davanti a una doppia sfida. Da una parte devono preparare studenti capaci di vivere e lavorare dentro una società digitale avanzata. Dall'altra devono difendere valori fondamentali della tradizione democratica europea, come pluralismo culturale, libertà individuale, trasparenza e responsabilità pubblica. È proprio da questa tensione che nasce il particolare approccio europeo al digitale. A differenza di altri modelli internazionali, l'Europa tende infatti a interpretare la tecnologia non soltanto come strumento di innovazione economica, ma anche come problema etico, politico e culturale. Questo approccio emerge con chiarezza nelle politiche educative europee degli ultimi anni.

2. DigComp e i limiti della competenza digitale

Uno dei documenti più influenti prodotti dall'Unione Europea è il framework DigComp, nato con l'obiettivo di definire le competenze digitali fondamentali per i cittadini europei. DigComp ha avuto un ruolo importante perché ha contribuito a superare l'idea che il digitale coincida semplicemente con l'uso tecnico degli strumenti. Il framework introduce infatti temi legati all'informazione, alla sicurezza, alla comunicazione online, alla creazione di contenuti e al problem solving. Tuttavia proprio il successo di DigComp ha reso evidenti anche alcuni limiti dell'approccio europeo. Il concetto stesso di "competenza digitale" rischia infatti di rimanere ambiguo. In molti contesti scolastici esso è stato interpretato soprattutto come capacità operativa: usare piattaforme, navigare online, produrre contenuti digitali o utilizzare software collaborativi.
Ma oggi tutto questo non basta più. L'intelligenza artificiale e la società algoritmica hanno mostrato che il vero problema non è soltanto utilizzare tecnologie, ma comprenderne il funzionamento e le implicazioni

culturali. Una società può essere altamente competente dal punto di vista operativo e allo stesso tempo completamente dipendente da sistemi che non comprende realmente. Per questo motivo l'educazione digitale non può limitarsi allo sviluppo di abilità tecniche. Deve diventare educazione critica alla società algoritmica. L'Europa sembra oggi muoversi progressivamente in questa direzione, anche se il percorso appare ancora incompleto.

3. L'AI Act e il problema della responsabilità

L'approvazione dell'AI Act europeo rappresenta probabilmente uno dei passaggi più significativi e coraggiosi nella costruzione di una politica digitale fondata su principi democratici. Per la prima volta una grande area geopolitica ha tentato di regolamentare organicamente l'intelligenza artificiale non soltanto in termini economici, ma anche etici, sociali e politici. L'Europa ha scelto consapevolmente di affermare che non tutto ciò che è tecnologicamente possibile debba necessariamente essere accettato senza limiti. Questa scelta possiede un significato culturale profondo. L'AI Act riconosce implicitamente che i sistemi intelligenti non sono neutrali. Essi possono produrre discriminazioni, manipolare informazioni, influenzare comportamenti e incidere direttamente sui diritti individuali. La questione della trasparenza algoritmica diventa quindi centrale. Molti sistemi di intelligenza artificiale operano infatti come "scatole nere": producono risultati senza che gli utenti possano realmente comprendere i processi decisionali interni. Questo crea un problema democratico enorme. Come può un cittadino esercitare pienamente i propri diritti dentro una società governata da sistemi automatici opachi? L'Europa ha deciso di affrontare questa domanda assumendosi anche un rischio economico. L'AI Act rappresenta infatti una scelta dolorosa ma di grande civiltà: accettare la possibilità di avere un'intelligenza artificiale meno competitiva sul piano commerciale pur di difendere valori considerati inviolabili. È la scelta di una società che decide consapevolmente di limitare parte della propria efficienza economica in nome della tutela della dignità umana, della trasparenza e dei diritti fondamentali. Questa impostazione ricorda, in parte, anche altre grandi scelte europee contemporanee, come il Green Deal. Anche in quel caso l'Europa ha accettato costi energetici più elevati e svantaggi competitivi per sostenere una visione della società fondata sulla sostenibilità ambientale e sulla responsabilità verso le generazioni future. In entrambi i casi emerge una stessa idea di fondo: la ricchezza economica non può essere l'unico criterio con cui misurare il progresso di una civiltà.

Dal punto di vista educativo questo elemento è fondamentale. Comprendere l'intelligenza artificiale non significa soltanto imparare a utilizzarla. Significa comprendere come vengono costruiti i modelli, quali dati utilizzano, quali bias possono incorporare, quali limiti possiedono e quali effetti sociali producono. L'educazione all'AI diventa così parte integrante della nuova cittadinanza democratica. L'Europa, attraverso l'AI Act, sembra riconoscere che il futuro dell'intelligenza artificiale non possa essere lasciato esclusivamente alle logiche del mercato o della competizione tecnologica globale. Questa consapevolezza dovrebbe influenzare profondamente anche il modo in cui la scuola insegna informatica.

4. Sovranità digitale europea

Uno dei concetti più importanti emersi negli ultimi anni è quello di sovranità digitale. Gran parte delle infrastrutture digitali utilizzate quotidianamente in Europa appartiene infatti a grandi piattaforme extraeuropee. Motori di ricerca, social network, sistemi cloud e modelli di intelligenza artificiale sono controllati prevalentemente da aziende statunitensi o cinesi. Questa situazione produce una nuova forma di dipendenza culturale, economica e tecnologica. Il problema non riguarda soltanto il controllo economico delle piattaforme. Riguarda la capacità stessa di una società di comprendere e governare gli strumenti che organizzano la propria vita collettiva. Una popolazione incapace di comprendere il funzionamento delle tecnologie digitali rischia inevitabilmente di subirle passivamente. Per questo motivo l'educazione assume un ruolo strategico. La scuola rappresenta infatti uno dei pochi luoghi nei quali è possibile costruire una comprensione critica della trasformazione digitale indipendente dalle logiche commerciali delle piattaforme.
Ma la sovranità digitale europea non riguarda soltanto la cultura. Essa rappresenta anche un tentativo di sostenere e proteggere l'industria tecnologica europea in una competizione globale dominata da colossi stranieri dotati di risorse enormemente superiori. L'Europa è consapevole che, senza una politica industriale e regolatoria autonoma, il settore tecnologico europeo rischia progressivamente di soccombere sotto la pressione delle grandi piattaforme statunitensi e cinesi.
Anche questa scelta comporta inevitabili contraddizioni. Difendere un ecosistema digitale europeo può infatti significare di accettare servizi meno performanti o più costosi rispetto ai competitor globali. Ciò può penalizzare parte dell'industria europea stessa, costretta a utilizzare infrastrutture tecnologiche meno efficienti ed economicamente meno vantaggiose.
L'Europa sembra tuttavia considerare questo sacrificio come il prezzo necessario per preservare autonomia strategica e indipendenza culturale. Ancora una volta emerge una scelta di civiltà: rinunciare a parte dell'efficienza immediata per difendere la possibilità di mantenere controllo democratico sulle infrastrutture fondamentali della società contemporanea. Ed è qui che informatica ed educazione tornano a intrecciarsi profondamente. La vera autonomia digitale di una società non dipende soltanto dalle sue infrastrutture tecnologiche. Dipende soprattutto dal livello di consapevolezza culturale dei suoi cittadini. Senza cittadini capaci di comprendere criticamente il funzionamento dei sistemi digitali, nessuna sovranità tecnologica potrà mai essere realmente democratica**.**

5. Educazione e democrazia nella società algoritmica

La rivoluzione digitale obbliga oggi l'Europa a ridefinire il rapporto tra educazione e democrazia. Per secoli la scuola europea ha avuto il compito di formare cittadini capaci di partecipare alla vita pubblica attraverso alfabetizzazione, pensiero critico e conoscenza delle istituzioni democratiche. La società algoritmica modifica profondamente questo scenario. Oggi una parte crescente della vita democratica passa attraverso piattaforme digitali governate da sistemi automatici. Informazione politica, costruzione dell'opinione

pubblica, comunicazione sociale e persino processi elettorali sono influenzati dagli algoritmi. In questo contesto la cittadinanza democratica richiede competenze completamente nuove. Non basta conoscere la storia politica o il funzionamento delle istituzioni. Occorre comprendere il rapporto tra dati, piattaforme, algoritmi e potere. La scuola europea dovrebbe quindi assumere una nuova missione culturale: formare cittadini capaci di vivere criticamente dentro la società algoritmica. Questo implica inevitabilmente una ridefinizione del ruolo dell'informatica nelle Indicazioni Nazionali. L'informatica non può più essere considerata una semplice competenza tecnica o professionale. Essa rappresenta ormai una componente fondamentale della formazione democratica contemporanea. La vera posta in gioco non è soltanto la competitività tecnologica dell'Europa. È la possibilità stessa di mantenere spazi di libertà critica dentro una società sempre più organizzata da sistemi automatici e piattaforme globali.

Capitolo 11 — I modelli internazionali

1. Perché guardare fuori dall'Italia

Negli ultimi anni molti paesi hanno avviato profonde trasformazioni dei propri sistemi educativi per affrontare la rivoluzione digitale e l'impatto crescente dell'intelligenza artificiale. Osservare queste esperienze non significa importare automaticamente modelli stranieri, ma comprendere come differenti culture politiche e sistemi scolastici stiano cercando di rispondere a problemi comuni. La questione dell'informatica nella scuola non riguarda infatti soltanto l'innovazione tecnologica. Riguarda il rapporto tra educazione, sviluppo economico, cittadinanza e sovranità culturale. Ogni paese interpreta questa trasformazione secondo la propria storia e le proprie priorità strategiche. Alcuni sistemi educativi enfatizzano soprattutto competitività tecnologica e formazione STEM. Altri insistono maggiormente sulla cittadinanza digitale, sulla creatività o sull'etica dell'intelligenza artificiale. Il confronto internazionale mostra però una tendenza comune: quasi ovunque l'informatica sta progressivamente uscendo dalla dimensione marginale o puramente tecnica per diventare parte integrante della formazione generale.

L'Italia arriva a questo passaggio con un certo ritardo. Per molti anni il nostro sistema scolastico ha affrontato il digitale prevalentemente come alfabetizzazione tecnica o come supporto amministrativo. Oggi però la trasformazione della società algoritmica rende inevitabile un ripensamento molto più profondo. Guardare alle esperienze internazionali può quindi aiutare a comprendere non soltanto ciò che funziona, ma anche gli errori da evitare.

2. L'Estonia e la scuola della società digitale

Tra i paesi europei l'Estonia rappresenta probabilmente il caso più emblematico di integrazione tra trasformazione digitale e sistema educativo. Dopo l'indipendenza dall'Unione Sovietica il paese ha investito massicciamente nel digitale come leva di modernizzazione economica, amministrativa e culturale. La scuola

è diventata uno degli strumenti centrali di questa strategia. L'Estonia ha compreso molto presto che la rivoluzione digitale non riguarda semplicemente l'introduzione di computer nelle aule, ma la costruzione di una nuova cultura nazionale fondata sulla capacità di comprendere e governare il digitale. Oggi gran parte dei servizi pubblici estoni è digitalizzata. Identità digitale, amministrazione online e sistemi di voto elettronico fanno parte della vita quotidiana dei cittadini. In questo contesto l'informatica scolastica assume inevitabilmente una dimensione civica. La scuola estone introduce fin dai primi anni elementi di logica computazionale, robotica educativa e pensiero algoritmico. Tuttavia, il modello estone evita di ridurre l'informatica al semplice coding. Grande attenzione viene dedicata anche alla cybersecurity, alla gestione dei dati e alla cittadinanza digitale. Particolarmente interessante è il rapporto tra scuola e società. Gli studenti crescono in un ambiente nel quale il digitale non appare come elemento artificiale o aggiuntivo, ma come parte integrante dell'organizzazione sociale contemporanea. Questo produce una differenza culturale significativa rispetto a sistemi scolastici nei quali il digitale viene ancora percepito come attività extracurricolare o semplice aggiornamento tecnologico.

3. La Finlandia e il pensiero computazionale

La Finlandia rappresenta uno dei modelli educativi più influenti a livello internazionale e il suo approccio all'informatica riflette pienamente la filosofia pedagogica che caratterizza il sistema scolastico finlandese. Nel curriculum nazionale finlandese il pensiero computazionale è stato introdotto come competenza trasversale già nella scuola primaria. Tuttavia, la Finlandia ha scelto un approccio molto diverso rispetto ai modelli più tecnicistici. L'obiettivo principale non è insegnare programmazione specialistica, ma sviluppare capacità cognitive legate alla risoluzione dei problemi, alla modellizzazione e alla comprensione dei processi. Il pensiero computazionale viene integrato dentro diverse discipline e non confinato in uno spazio separato. Matematica, scienze, arte e discipline umanistiche dialogano continuamente con strumenti computazionali e ambienti digitali. Questa scelta riflette una convinzione importante: la trasformazione digitale non riguarda soltanto la tecnologia, ma il modo stesso in cui la conoscenza viene organizzata. La Finlandia attribuisce inoltre enorme importanza alla formazione degli insegnanti. Il docente digitale non viene concepito come semplice utilizzatore di strumenti tecnologici, ma come professionista capace di integrare criticamente il digitale dentro processi educativi complessi. Particolarmente significativa è anche l'attenzione al benessere cognitivo degli studenti. La scuola finlandese evita una digitalizzazione indiscriminata e insiste sul rapporto equilibrato tra tecnologie, apprendimento, relazioni umane e sviluppo psicologico. Il modello finlandese mostra quindi che informatica e umanesimo non sono necessariamente in conflitto. Al contrario, il paradigma computazionale può essere integrato dentro una visione educativa centrata sulla formazione globale della persona.

4. Il Regno Unito e l'informatica come disciplina scientifica

Il Regno Unito rappresenta uno dei casi più radicali di trasformazione dell'informatica scolastica europea. Nel 2014 il governo britannico sostituì il precedente curriculum di ICT con una nuova disciplina chiamata "Computing". Questa scelta segnò un cambiamento culturale molto importante. Il vecchio approccio era stato criticato perché troppo centrato sull'uso operativo di software commerciali e privo di reale profondità scientifica. Gli studenti imparavano a utilizzare strumenti digitali senza comprendere i principi fondamentali dell'informatica. Il nuovo curriculum introdusse invece una concezione dell'informatica come disciplina scientifica autonoma. Gli studenti affrontano algoritmi, logica, programmazione, rappresentazione dei dati e architettura dei sistemi già dalla scuola primaria. L'obiettivo è sviluppare comprensione concettuale del funzionamento dei sistemi computazionali. Il modello britannico attribuisce grande importanza alla computer science come parte della cultura generale contemporanea. Tuttavia, questa trasformazione ha mostrato anche alcune difficoltà significative, soprattutto legate alla formazione degli insegnanti. Molti docenti provenivano infatti dal vecchio modello ICT e non possedevano una preparazione adeguata per affrontare l'informatica come disciplina scientifica. Il caso britannico mostra quindi sia le potenzialità sia le difficoltà di una riforma radicale dell'educazione informatica.

5. Stati Uniti e Cina: due modelli opposti

Fuori dall'Europa emergono modelli profondamente differenti. Negli Stati Uniti l'informatica scolastica è fortemente influenzata dalla cultura dell'innovazione tecnologica e dell'imprenditorialità. Le grandi aziende della Silicon Valley hanno avuto un ruolo importante nella diffusione della computer science nelle scuole. L'approccio americano enfatizza creatività, startup, progettazione tecnologica e competitività economica. L'informatica viene spesso interpretata come strumento per preparare future generazioni di innovatori. Tuttavia, il sistema statunitense presenta anche forti disuguaglianze territoriali e sociali. Le opportunità educative dipendono spesso dalle risorse economiche dei singoli distretti scolastici. La Cina rappresenta invece un modello completamente diverso. Qui l'educazione digitale viene interpretata come parte di una strategia geopolitica nazionale. Il governo cinese considera intelligenza artificiale, big data e tecnologie avanzate strumenti decisivi per la competizione globale del XXI secolo. L'informatica è stata introdotta progressivamente in tutto il sistema scolastico con forte enfasi su AI, robotica e programmazione. Ma il modello cinese solleva anche interrogativi molto delicati sul rapporto tra tecnologia, controllo sociale e libertà individuale. Le tecnologie digitali vengono infatti integrate dentro sistemi di sorveglianza e gestione sociale molto diversi dalla tradizione democratica europea. Il confronto tra Stati Uniti, Cina ed Europa mostra quindi che il problema dell'informatica scolastica non può essere separato dal modello di società che si intende costruire.

6. Che cosa può imparare l'Italia

L'Italia non può semplicemente copiare modelli stranieri. Il sistema scolastico italiano possiede una storia culturale particolare, fortemente legata alla tradizione umanistica e alla centralità delle discipline. Tuttavia, proprio questa tradizione potrebbe rappresentare una risorsa importante. La sfida italiana non consiste nel trasformare rapidamente la scuola in una replica della Silicon Valley o dei sistemi asiatici altamente tecnocratici. Consiste piuttosto nel costruire una via europea e culturale all'educazione informatica. L'Italia può imparare molto dalle esperienze internazionali. Può comprendere l'importanza dei curricoli verticali, della formazione degli insegnanti, della cittadinanza digitale e della computer science come disciplina culturale. Ma dovrebbe evitare due errori opposti. Da una parte il rischio di una digitalizzazione superficiale ridotta all'uso delle piattaforme. Dall'altra il rischio di un tecnicismo esasperato che trasformi la scuola in semplice centro di addestramento tecnologico. L'informatica dovrebbe invece diventare uno strumento per rafforzare capacità critiche, comprensione della complessità e consapevolezza democratica. La vera sfida italiana non è semplicemente introdurre più tecnologia nella scuola. È costruire una cultura dell'informatica capace di dialogare con la tradizione scientifica, filosofica e umanistica europea. Ed è proprio da questo equilibrio che dipenderà il futuro delle nuove Indicazioni Nazionali.

Capitolo 12 — La questione italiana

1. Una scuola ancora novecentesca

La scuola italiana affronta oggi la rivoluzione digitale portando con sé una struttura culturale ancora profondamente novecentesca. Questo non significa che il sistema scolastico italiano sia immobile o incapace di innovazione. Negli ultimi anni molte scuole hanno sperimentato percorsi interessanti legati al coding, alla robotica educativa, all'intelligenza artificiale e alla cittadinanza digitale. Esistono docenti molto preparati e realtà scolastiche estremamente dinamiche. Tuttavia, il modello complessivo della scuola italiana rimane ancora costruito attorno a un'idea di conoscenza relativamente stabile, disciplinarmente separata e fortemente centrata sulla trasmissione dei contenuti. La rivoluzione digitale mette in crisi proprio questi presupposti. La società contemporanea è caratterizzata da accelerazione continua, trasformazione permanente delle competenze, automazione cognitiva e crescente dipendenza dalle piattaforme digitali. La scuola italiana fatica ancora a confrontarsi pienamente con questa nuova realtà. Molto spesso il digitale viene affrontato come semplice aggiornamento tecnico, mentre la trasformazione in corso riguarda il rapporto stesso tra sapere, apprendimento e organizzazione sociale. In molti casi la scuola continua a utilizzare strumenti culturali progettati per un mondo precedente alla rivoluzione algoritmica. La questione non riguarda soltanto l'introduzione dell'informatica come disciplina. Riguarda la capacità complessiva del sistema educativo di ripensare la propria funzione dentro la società digitale.

2. Il problema delle discipline

Uno dei nodi più difficili emersi durante il dibattito sulle nuove Indicazioni Nazionali riguarda il rapporto tra informatica e organizzazione disciplinare della scuola italiana. Il sistema scolastico italiano possiede infatti una forte tradizione disciplinare. Matematica, fisica, lettere, filosofia, storia e scienze costituiscono non soltanto aree di insegnamento, ma vere identità culturali e professionali consolidate. L'introduzione dell'informatica mette inevitabilmente in tensione questo equilibrio. Molti temono che l'informatica sottragga spazio alle discipline tradizionali. Altri sostengono invece che essa non debba diventare materia autonoma, ma competenza trasversale distribuita all'interno del curricolo.

Entrambe le posizioni colgono aspetti reali del problema. L'informatica possiede certamente una dimensione interdisciplinare molto forte. Essa dialoga naturalmente con matematica, fisica, economia, biologia, filosofia e scienze sociali. Ma proprio questa trasversalità rischia talvolta di renderla invisibile o marginale. Quando una responsabilità appartiene a tutti, spesso finisce per non appartenere realmente a nessuno. La scuola italiana deve quindi affrontare una questione culturale delicata: come integrare l'informatica senza impoverire le discipline esistenti e senza ridurla a semplice supporto tecnico. Il problema non può essere risolto soltanto attraverso una redistribuzione di ore curriculari. Occorre piuttosto ripensare il rapporto tra discipline tradizionali e paradigma computazionale. L'informatica non dovrebbe essere percepita come disciplina concorrente rispetto alla matematica o alle scienze. Dovrebbe invece diventare uno dei linguaggi attraverso cui leggere e collegare la complessità contemporanea. Questo richiede inevitabilmente una trasformazione culturale molto più profonda di una semplice riforma amministrativa.

3. Informatica o alfabetizzazione digitale?

Nel dibattito italiano esiste ancora una forte ambiguità tra informatica e alfabetizzazione digitale. Per molti anni le politiche scolastiche hanno interpretato il digitale soprattutto come insieme di competenze operative, come utilizzare software, navigare online, costruire presentazioni o usare piattaforme collaborative. Questo approccio ha avuto certamente una sua utilità storica. In una prima fase della rivoluzione digitale era necessario garantire almeno un accesso minimo agli strumenti tecnologici.

Oggi però tutto questo non basta più. L'intelligenza artificiale, i sistemi algoritmici e la centralità dei dati hanno reso evidente che il problema non è soltanto utilizzare le tecnologie, ma comprenderne il funzionamento e le implicazioni culturali. Una scuola che insegna soltanto l'uso degli strumenti rischia di produrre cittadini tecnologicamente competenti ma culturalmente dipendenti. L'informatica non può quindi essere ridotta a semplice educazione all'uso del digitale. Essa dovrebbe introdurre gli studenti alla comprensione dei modelli computazionali, degli algoritmi, delle reti, dei dati, dei sistemi intelligenti e del rapporto tra tecnologia e potere. Questo passaggio è fondamentale. La vera alfabetizzazione contemporanea non consiste soltanto nell'utilizzare strumenti digitali, ma nel comprendere la società algoritmica nella quale viviamo. Ed è proprio qui che la scuola italiana si trova ancora in una fase di transizione incompleta.

4. Le resistenze culturali

Molte difficoltà nell'introduzione dell'informatica non derivano soltanto da problemi organizzativi o infrastrutturali. Esistono anche resistenze culturali profonde. Una parte del mondo scolastico percepisce ancora il digitale come minaccia alla cultura tradizionale. Vi è il timore che la tecnologia impoverisca il linguaggio, riduca la concentrazione, favorisca superficialità cognitiva e sostituisca forme più profonde di apprendimento. Queste preoccupazioni non sono del tutto infondate. L'ambiente digitale contemporaneo tende effettivamente a privilegiare velocità, frammentazione dell'attenzione e consumo rapido delle informazioni. Anche l'intelligenza artificiale può produrre dipendenza cognitiva se utilizzata in modo passivo. Ma proprio per questo la scuola non può limitarsi al rifiuto della trasformazione digitale. Ignorare informatica e AI significherebbe lasciare gli studenti completamente esposti alle logiche delle piattaforme senza strumenti critici per comprenderle. La vera alternativa non è tra scuola tradizionale e tecnologia. È tra una società che comprende il digitale e una società che lo subisce passivamente. Esiste poi un'altra resistenza più sottile. Molti docenti e intellettuali italiani continuano a percepire l'informatica come sapere puramente tecnico, privo della dignità culturale tradizionalmente attribuita alle discipline umanistiche o matematiche. Questa visione appare oggi sempre più insostenibile. L'informatica non è soltanto tecnica. È una delle grandi forme culturali della contemporaneità. Non comprenderla significa non comprendere una parte crescente del mondo moderno.

5. Perché questa riforma è decisiva

La questione dell'informatica nelle nuove Indicazioni Nazionali non rappresenta una semplice riforma curricolare tra le tante. Essa riguarda il futuro culturale della scuola italiana. Per la prima volta dopo molti decenni il sistema educativo si trova infatti davanti a una trasformazione che modifica contemporaneamente il rapporto con il sapere, il ruolo dell'insegnante, la struttura stessa della conoscenza, il significato dell'apprendimento e perfino il rapporto tra esseri umani e macchine. L'intelligenza artificiale rende questa trasformazione ancora più radicale. La scuola non può più limitarsi a trasmettere informazioni facilmente accessibili attraverso sistemi automatici. Deve invece sviluppare capacità critiche, comprensione della complessità, autonomia di giudizio e consapevolezza del rapporto tra tecnologia e democrazia. Per questo motivo l'introduzione dell'informatica nelle Indicazioni Nazionali rappresenta una scelta strategica. Non si tratta semplicemente di insegnare nuove tecnologie. Si tratta di decidere quale tipo di cittadino la scuola italiana voglia formare nel XXI secolo. Una società che non comprende il funzionamento dei sistemi digitali rischia inevitabilmente di perdere autonomia culturale e capacità democratica. La vera posta in gioco non è quindi soltanto la modernizzazione della scuola. È la possibilità stessa di costruire cittadini capaci di comprendere criticamente il mondo che stanno abitando. Ed è proprio da questa consapevolezza che dovrebbe nascere una nuova idea di informatica scolastica: non come appendice tecnica del curricolo, ma come parte essenziale della formazione culturale contemporanea.

Conclusioni

Non formare utenti, ma cittadini

La questione dell'informatica nelle nuove Indicazioni Nazionali non riguarda semplicemente l'introduzione di una nuova disciplina scolastica. Riguarda il modo in cui la scuola italiana intende affrontare una delle più profonde trasformazioni culturali della modernità contemporanea. Per molti anni il digitale è stato percepito soprattutto come insieme di strumenti tecnici. La scuola ha cercato di adattarsi introducendo computer, piattaforme, coding e competenze operative. Tutto questo ha avuto una sua utilità storica, ma oggi appare insufficiente. La rivoluzione algoritmica ha modificato il rapporto stesso tra esseri umani, conoscenza e potere. L'intelligenza artificiale, i sistemi di raccomandazione, le piattaforme digitali e la centralità dei dati stanno trasformando il lavoro cognitivo, la costruzione dell'opinione pubblica, l'organizzazione dell'economia e perfino il funzionamento della democrazia. In questo scenario il problema educativo non può più essere ridotto all'uso delle tecnologie. La vera questione è comprendere il significato culturale della trasformazione digitale. Comprendere significa interrogarsi sul funzionamento degli algoritmi, sul rapporto tra dati e potere, sui limiti dell'automazione, sull'impatto dell'intelligenza artificiale e sulle nuove forme di dipendenza cognitiva prodotte dagli ecosistemi digitali. La scuola del XXI secolo non può limitarsi a formare utenti efficienti di piattaforme tecnologiche progettate da altri. Deve formare cittadini capaci di comprendere criticamente il mondo che stanno abitando. Ed è proprio qui che l'informatica assume una funzione nuova. Non è più soltanto una disciplina tecnica o professionale. Diventa una forma di alfabetizzazione critica della contemporaneità, uno dei linguaggi fondamentali attraverso cui interpretare la società algoritmica. Questo richiede inevitabilmente una trasformazione della scuola. La rivoluzione digitale non modifica soltanto i contenuti dell'insegnamento. Modifica il ruolo dell'insegnante, il significato dell'apprendimento, il rapporto con la memoria, la struttura della conoscenza e l'organizzazione stessa degli ambienti educativi. L'intelligenza artificiale rende tutto questo ancora più evidente. Se una macchina può produrre testi, sintesi, immagini e soluzioni complesse, allora il valore specificamente umano dell'educazione non può più coincidere con la semplice riproduzione delle informazioni. Diventano centrali il pensiero critico, la capacità di costruire significato, la comprensione interdisciplinare, l'autonomia di giudizio e la responsabilità etica. La scuola deve quindi diventare sempre più un luogo di interpretazione critica della realtà e non soltanto di trasmissione del sapere. Questo cambiamento richiede anche una nuova idea di docente. L'insegnante non compete con le macchine sul terreno della velocità o della quantità di informazioni disponibili. Il suo valore consiste nella capacità di guidare gli studenti dentro la complessità del mondo contemporaneo, aiutandoli a distinguere tra informazione e conoscenza, tra autorevolezza e manipolazione, tra uso passivo della tecnologia e comprensione critica dei sistemi. Per questo motivo la formazione degli insegnanti rappresenta probabilmente la sfida più importante delle future politiche educative. Non sarà sufficiente insegnare ai

docenti a utilizzare nuove piattaforme o strumenti digitali. Sarà necessario costruire una nuova cultura pedagogica capace di integrare informatica, intelligenza artificiale e cittadinanza democratica. Anche l'Europa sembra aver compreso progressivamente questa trasformazione. Documenti come DigComp e soprattutto l'AI Act mostrano la crescente consapevolezza che il problema non sia soltanto tecnologico, ma profondamente politico e culturale. Una società che utilizza sistemi intelligenti senza comprenderli rischia inevitabilmente di perdere autonomia democratica e sovranità culturale. La scuola assume quindi una responsabilità storica. Per la prima volta dopo molti decenni il sistema educativo si trova davanti a una trasformazione che modifica contemporaneamente conoscenza, comunicazione, lavoro cognitivo e organizzazione sociale.

Le nuove Indicazioni Nazionali rappresentano perciò un'occasione decisiva. Non per inseguire mode tecnologiche o introdurre superficialmente nuove competenze operative, ma per ripensare il rapporto tra educazione e società digitale. La vera sfida non consiste nell'avere più computer nelle scuole o più piattaforme nelle aule. Consiste nel costruire cittadini capaci di comprendere il significato umano, sociale ed etico della rivoluzione algoritmica. Perché il futuro dell'informatica scolastica non riguarda soltanto la tecnologia. Riguarda il futuro stesso della libertà culturale nella società contemporanea.

Bibliografia

Nardelli, Enrico (a cura di), *Coding e oltre. L'informatica nella scuola*, Lisciani Scuola, Teramo, 2020.

Nardelli, Enrico, *La rivoluzione informatica. Conoscenza, consapevolezza e potere nella società digitale*, Themis, Roma, 2022.

Nardelli, Enrico, "Perché insegnare informatica nella scuola", in *Nuova Secondaria*, anno XLIII, n. 3, 2025, pp. 69–74.

Vespri, Vincenzo, Papini, Paolo, Tortoriello, Francesco Saverio, *La scuola indivisa Insegnare Dante con la Matematica (e viceversa).* Edizioni Studium. 2026

Documenti istituzionali italiani

Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, D.M. 16 novembre 2012, n. 254, Roma, 2012.

Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, *Indicazioni nazionali e nuovi scenari*, Documento del Comitato Scientifico Nazionale per il curricolo, Roma, 2018.

Ministero dell'Istruzione e del Merito, *Linee guida per le discipline STEM*, D.M. n. 184 del 15 settembre 2023, Roma, 2023.

Ministero dell'Istruzione e del Merito, *Piano Nazionale Scuola Digitale (PNSD)*, Roma, 2015.

Ministero dell'Istruzione e del Merito, *Atto di indirizzo politico-istituzionale per l'anno 2025*, Roma, 2025.

Ministero dell'Istruzione e del Merito, *Indicazioni Nazionali per il curricolo – Scuola dell'infanzia e Scuole del Primo ciclo di istruzione*, D.M. 9 dicembre 2025, n. 221, pubblicato in G.U. n. 21 del 27 gennaio 2026, Roma, 2025.
Ministero dell'Istruzione e del Merito, *Le nuove Indicazioni Nazionali per i Licei*, testo per la consultazione pubblica, Roma, 2026.

Documenti europei e internazionali

European Commission, *DigComp 2.2. The Digital Competence Framework for Citizens*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022.
European Parliament and Council of the European Union, *Regulation (EU) 2024/1689 laying down harmonised rules on Artificial Intelligence (AI Act)*, Official Journal of the European Union, 2024.
European Commission, *Ethics Guidelines for Trustworthy AI*, High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, Brussels, 2019.
UNESCO, *Guidance for Generative AI in Education and Research*, Paris, 2023.
OECD, *Artificial Intelligence and the Future of Skills*, OECD Publishing, Paris, 2021.

Informatica, pensiero computazionale e società digitale

Wing, J. M., "Computational Thinking", *Communications of the ACM*, vol. 49, n. 3, 2006, pp. 33–35.
Papert, Seymour, *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, Basic Books, New York, 1980.
Floridi, Luciano, *La quarta rivoluzione. Come l'infosfera sta trasformando il mondo*, Raffaello Cortina Editore, Milano, 2017.
Han, Byung-Chul, *Infocrazia. Le nostre vite manipolate dalla rete*, Einaudi, Torino, 2023.
Postman, Neil, *Technopoly. La resa della cultura alla tecnologia*, Bollati Boringhieri, Torino, 1993.
Morozov, Evgeny, *L'ingenuità della rete*, Codice Edizioni, Torino, 2011.
Harari, Yuval Noah, *Homo Deus. Breve storia del futuro*, Bompiani, Milano, 2017.

AI, educazione e trasformazione cognitiva

Selwyn, Neil, *Should Robots Replace Teachers? AI and the Future of Education*, Polity Press, Cambridge, 2019.
Luckin, Rose, *Machine Learning and Human Intelligence*, UCL Institute of Education Press, London, 2018.
Williamson, Ben, *Big Data in Education. The Digital Future of Learning, Policy and Practice*, Sage, London, 2017.



Vincenzo Vespri

vincenzo.vespri@unifi.it

Vincenzo Vespri è Professore Ordinario di Analisi Matematica presso l'Università degli Studi di Firenze. La sua attività di ricerca riguarda l'analisi matematica, le equazioni alle derivate parziali e le loro applicazioni. Negli ultimi anni ha esteso i suoi interessi a blockchain, crittografia, intelligenza artificiale e data science, sviluppando applicazioni interdisciplinari della matematica. È autore di oltre 170 pubblicazioni scientifiche e ha ricoperto incarichi istituzionali per la promozione delle discipline STEAM e dell'innovazione nella didattica. È socio corrispondente dell'Accademia delle Scienze di Torino e dell'Accademia Peloritana.

La quarta scrittura

Conversazione, illusioni e futuro della scuola

Paolo Ciancarini, Università di Bologna

Sommario

A partire da Les trois écritures di Clarisse Herrenschmidt, che legge la storia occidentale attraverso tre grandi scritture — quella delle lingue, quella monetaria-aritmetica e quella del codice informatico — l'articolo sostiene che i modelli generativi di linguaggio rendono visibile una quarta scrittura. In questo regime la conversazione diventa l'interfaccia generale del calcolo: è la macchina a presentarsi nel linguaggio dell'utente, e non viceversa. Ogni scrittura produce una propria illusione; la quarta produce l'illusione della comprensione condivisa, sintetizzata dal concetto di epistemia, la confortevole sensazione di conoscenza generata dalla sola plausibilità linguistica di una risposta. L'articolo discute le conseguenze per la scuola, che deve passare dall'insegnamento della scrittura all'insegnamento di una conversazione critica con macchine che scrivono, e dalla valutazione del solo prodotto all'osservazione del processo di giudizio.

Parole chiave: quarta scrittura, IA generativa, modelli di linguaggio, epistemia, scrittura, scuola, literacy critica, valutazione, Herrenschmidt

Clarisse Herrenschmidt è un'antropologa francese, membro del prestigioso Collège de France. Appartiene a quella rara famiglia di studiose che non si limitano a conoscere un campo, ma riescono a collegare diverse epoche, molteplici discipline e varie forme del sapere. Specialista della Persia antica e della Grecia, storica della Scrittura, archeologa, linguista, semiologa e antropologa, ha costruito con il libro *Les trois écritures. Langue, nombre, code* (Gallimard 2007) un'opera che attraversa più di cinquantatré secoli di storia dei segni, dalle tavolette sumeriche fino ai codici informatici. Il suo libro mostra che la scrittura non è mai solo un semplice strumento di registrazione, ma una tecnologia potente e simbolica che cambia il modo in cui l'essere umano pensa, ricorda, misura, governa e immagina il mondo.

Il nucleo della sua tesi è che l'Occidente, e poi il mondo globalizzato, sono stati plasmati da tre grandi scritture. La prima è la scrittura delle lingue, quella che ci permette di comunicare "per iscritto": poesie,

racconti, fatture, liste della spesa; la seconda è la scrittura monetaria-aritmetica, quella che ci permette di far di conto, di registrare incassi e uscite, di risolvere un'equazione del terzo grado; la terza è la scrittura informatica e reticolare, quella che ha dato origine alla trasformazione digitale. Queste scritture non si eliminano l'una con l'altra: si stratificano, si incorporano, si rilanciano reciprocamente. Oggi, però, davanti ai grandi modelli generativi di linguaggio (Large Language Models, come ad esempio chatGPT), questa tesi va estesa.

Non per smentire Herrenschmidt, ma per restarle fedeli. I modelli generativi infatti rendono visibile una **quarta scrittura**.

La prima scrittura nasce quando la lingua diventa visibile. La seconda nasce quando il numero, attraverso la moneta e poi la contabilità, diventa un ambiente di astrazione socio-tecnico. La terza nasce quando il codice informatico rende eseguibile il segno e trasforma la scrittura in istruzione operativa per una macchina, reale o virtuale. La quarta scrittura si colloca oltre, e insieme dentro, tutte queste forme precedenti. Infatti il modello generativo non scrive come uno scriba, non misura come una moneta, non esegue come un programma nel modo convenzionale - istruzione per istruzione. Un modello generativo genera testo per probabilità. Usa token, contesto, correlazioni statistiche e spazi vettoriali per produrre una risposta linguisticamente plausibile. In questa soglia storica acquista pieno senso la tesi secondo cui **la conversazione è il computer**. Il computer non scompare: cambia superficie. Non chiede più soltanto comandi; chiede dialogo. Nel paradigma informatico tradizionale l'utente doveva imparare il linguaggio della macchina, sequenziale e logico-matematico. Nel paradigma dei modelli, è la macchina che si presenta nel linguaggio dell'utente. Questo non elimina il calcolo; lo rende conversabile. La conversazione diventa così l'interfaccia generale del nuovo ambiente computazionale.

Questa trasformazione è tecnica e antropologica insieme. Tecnica, perché il linguaggio naturale diventa uno strato operativo capace di attivare funzioni complesse. Antropologica, perché parlare con una macchina modifica il nostro rapporto con il sapere, con l'autorità del testo e con l'atto stesso di scrivere. La scrittura non appare più soltanto come produzione individuale di un autore, ma come esito di una relazione dialogica tra intenzione umana e generazione automatica.

Le illusioni delle scritture

Ogni grande scrittura ha generato una propria illusione, potente e in larga misura inconsapevole. Queste illusioni non sono errori accidentali. Sono effetti strutturali dei nuovi regimi di segni, e hanno modellato nel tempo anche il modo in cui le società hanno pensato l'apprendimento e la trasmissione del sapere.

La **prima scrittura**, quella delle lingue, ha prodotto l'illusione della presenza. Il testo sembrava contenere la voce dell'autore, del maestro, talvolta del dio. Leggere significava incontrare una parola autorevole già

compiuta. Da qui viene una lunga tradizione scolastica fondata sul commento, sulla glossa, sull'ascolto del testo come presenza viva e normativa.

La **seconda scrittura**, quella monetaria-aritmetica, ha generato l'illusione della misura esatta. Il numero ha dato l'impressione di poter catturare oggettivamente il valore delle cose, delle prestazioni e perfino delle persone. Nella modernità questa illusione ha favorito una cultura della quantificazione che è entrata anche nella scuola: voti, classifiche, ranking, indicatori, metriche di merito, medie di riferimento.

La **terza scrittura**, quella del codice, ha prodotto l'illusione del controllo totale. Bastava scrivere l'istruzione giusta perché la macchina eseguisse. In ambito educativo, questa logica ha spesso alimentato una visione procedurale dell'apprendimento: input, elaborazione, output; obiettivo, esercizio, verifica; competenza, misurazione, prestazione. È stata una potente semplificazione, ma anche una riduzione. Gli informatici dicono: garbage in, garbage out.

La **quarta scrittura**, quella generativa, sta producendo un'illusione ancora più sottile: l'illusione della comprensione condivisa. Il modello parla in modo così fluido, contestuale e convincente che siamo portati a credere non solo che sappia, ma che capisca. Qui entra in gioco il concetto di **epistemia**, oggi usato per descrivere la confortevole illusione di conoscenza prodotta dalla plausibilità linguistica degli LLM. Non si tratta semplicemente di errore o disinformazione: è la tendenza a scambiare una forma ben costruita per una reale comprensione da parte dell'interlocutore artificiale, che appare comprensivo e amichevole.

È importante distinguere tra i termini *episteme* ed *epistemia*. *Episteme* è una parola che appartiene alla tradizione filosofica del sapere fondato, della conoscenza giustificata, della verità che pretende argomentazione e prova. *Epistemia*, invece, è un neologismo recente che designa il corto circuito cognitivo per cui una risposta ben scritta, elegante e coerente viene percepita come affidabile anche quando non lo è. Nel caso dei modelli di linguaggio, questa illusione è strutturale. Il modello non comprende nel senso umano del termine, ma produce enunciati che assomigliano a quelli di chi comprende. Simula giudizio, riflessività, tono esperto, continuità di ragionamento. Da qui deriva una delle poste più importanti della cultura digitale contemporanea: non basta più chiedersi se un testo sia corretto grammaticalmente o persuasivo retoricamente; bisogna chiedersi quale relazione ci sia tra la sua fluidità e la sua verità.

La scuola nella quarta scrittura

Nella scuola questo passaggio è particolarmente delicato. Per secoli l'educazione si è basata sull'idea che scrivere fosse un atto umano di responsabilità, memoria e pensiero. Scrivere significava elaborare, ordinare, faticare sul linguaggio per chiarire concetti e giudizi. Oggi un numero crescente di studenti può delegare ai modelli generativi la produzione di testi formalmente impeccabili, o comunque sufficientemente convincenti da superare molte soglie ordinarie di valutazione. Il rischio principale non è soltanto che gli studenti "non imparino a scrivere". Il rischio più profondo è che perdano l'esperienza di **pensare attraverso la scrittura**. Se

la scrittura viene vissuta solo come output da consegnare, e non come processo di chiarificazione concettuale, allora la scuola rischia di smarrire una delle sue funzioni storiche più importanti: trasformare il linguaggio in luogo di formazione del giudizio.

Questo problema è già al centro di molte riflessioni educative sull'IA generativa. Diversi contributi insistono sul fatto che la scrittura assistita dall'IA può indebolire la pratica della fatica cognitiva, della revisione, dell'argomentazione autonoma e della literacy critica se viene adottata come sostituzione e non come supporto. In altre parole, la quarta scrittura non impone soltanto nuovi strumenti; impone una ridefinizione del lavoro educativo.

Per questo il compito della scuola non può più essere solo insegnare a scrivere nel senso tradizionale. Deve insegnare a dialogare responsabilmente con la quarta scrittura. Ciò implica almeno quattro competenze nuove, che dovrebbero diventare componenti ordinarie dell'alfabetizzazione contemporanea.

- **Retorica del prompt**, non come trucco tecnico, ma come arte della domanda ben posta, della contestualizzazione e dell'intenzione argomentativa.
- **Verifica epistemica**, cioè controllo delle fonti, confronto tra risposte, capacità di distinguere tra plausibilità testuale e affidabilità conoscitiva.
- **Curatela del testo**, intesa come revisione critica, editing, assunzione di responsabilità sull'output generato.
- **Distinzione tra fluidità e comprensione**, per riconoscere quando un testo "suona bene" ma non pensa davvero.

In questo senso, la scuola deve passare dall'insegnamento della scrittura all'insegnamento della **conversazione critica** con macchine che scrivono. Non si tratta di abbandonare il tema della scrittura. Si tratta di spostarlo a un livello più alto di responsabilità culturale.

Questo cambiamento chiede anche una revisione delle pratiche di valutazione. Se la seconda scrittura aveva introdotto nella scuola la tentazione della misurabilità generale, la quarta scrittura rende ancora più evidente il limite di una valutazione centrata solo sul prodotto finale. Un testo ben confezionato non basta più a testimoniare un apprendimento autentico.

Occorre allora spostare il baricentro dalla sola prestazione al processo: tracciare passaggi, versioni, revisioni, scelte; osservare come uno studente interroga un modello, verifica una risposta, corregge un errore, giustifica un intervento. In questo senso, l'educazione del futuro richiede meno culto della risposta pronta e più esercizio del giudizio. La competenza decisiva non è generare testo, ma saperne governare la validità.

L'errore più facile sarebbe dividere il campo tra apocalittici e integrati. Da un lato, chi vede nell'IA generativa la fine della scuola e della scrittura. Dall'altro, chi vi scorge soltanto un acceleratore neutro di efficienza. Entrambe le posizioni mancano il punto essenziale: ogni nuova scrittura ridefinisce le condizioni dell'umano, e dunque chiede nuove istituzioni del sapere.

La lezione di Herrenschmidt aiuta proprio qui. Le scritture non sono mai solo mezzi tecnici; sono ambienti antropologici. La quarta scrittura, allora, non ci chiede semplicemente di usare bene un prodotto o un servizio digitale. Ci chiede di ridefinire che cosa significhino conoscenza, autorità, responsabilità e formazione dentro un mondo in cui la conversazione è diventata infrastruttura di calcolo.

Conclusioni

Letto oggi, *Les trois écritures* appare non come un libro concluso e definitivo, ma come il miglior prologo per comprendere la soglia che abbiamo superato ed il mondo in cui siamo entrati. Se la prima scrittura ha reso visibile la lingua, la seconda il valore, la terza il comando eseguibile, la quarta rende visibile la generazione del senso in forma di dialogo.
La grande sfida educativa del nostro tempo non è impedire agli studenti di usare i modelli generativi, ma impedire che diventino essi stessi strumenti passivi di una quarta scrittura di cui non comprendono l'illusione costitutiva. Per questo oggi non basta insegnare a scrivere e far di conto, con o senza una macchina. Occorre insegnare a riconoscere le illusioni delle scritture, a governare l'epistemia e ad abitare criticamente il nuovo ambiente conversazionale del calcolo.

Citazioni essenziali

1. Clarisse Herrenschmidt, *Les trois écritures. Langue, nombre, code*, Gallimard, 2007.
2. *Epistemia* nel Vocabolario Treccani e relativo articolo divulgativo. https://www.treccani.it/vocabolario/neo-epistemia_(Neologismi)/



Paolo Ciancarini

paolo.ciancarini@gmail.com

Paolo Ciancarini è professore ordinario di Informatica presso l'Università di Bologna. La sua attività di ricerca si concentra sull'ingegneria del software, i sistemi distribuiti e le architetture software. Nel corso della sua carriera ha ricoperto numerosi incarichi accademici e istituzionali, tra cui la direzione del Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica (CINI), contribuendo allo sviluppo della ricerca informatica in Italia.

Per un rapporto armonioso tra educazione e tecnologia

Christian Fiori, AICA

Sommario

Il contributo sostiene che la prima urgenza d'investimento della scuola non sia la didattica con le tecnologie, ma la formazione di uno sguardo critico e consapevole sulle tecnologie digitali. Muovendo dalla distinzione di Ivan Illich fra strumenti conviviali e non conviviali, l'articolo ripercorre l'esaurirsi del paradigma che ha assegnato alla scuola il compito di rincorrere l'innovazione, e ne documenta il rovesciamento fra il 2023 e il 2026: dalle misure che limitano l'accesso dei minori ai social fino ai documenti giudiziari desecretati, da cui emerge come la dipendenza dei più giovani fosse parte deliberata del modello di business delle grandi piattaforme. Sulla scorta di Marco Gui, Antonio Calvani e David Buckingham viene difesa la precedenza della media education sull'education technology: non basta saper usare gli strumenti, occorre comprendere le logiche commerciali, algoritmiche e rappresentative che li governano. La cornice teorica è offerta da Gert Biesta: mentre la didattica con le tecnologie ricade quasi per intero nella funzione della qualificazione, la media education tocca la soggettivazione, ossia la formazione di un soggetto e non l'addestramento di un utente. In questa luce l'articolo legge le nuove Indicazioni nazionali entrate in vigore nel 2026 e gli orientamenti europei del marzo 2026, indicando le condizioni perché non si risolvano nell'ennesima ondata di addestramento strumentale.

Parole chiave: media education, education technology, competenze digitali, Indicazioni nazionali 2026, soggettivazione, convivialità, non neutralità delle piattaforme, benessere digitale

Un paradigma che scricchiola

Quando nel 1973 Ivan Illich pubblicò *Tools for Conviviality*, propose una distinzione che da allora attraversa ogni serio discorso sulla tecnologia. *Conviviali* sono gli strumenti che chiunque può padroneggiare per scopi propri, capaci di ampiare l'autonomia e la creatività individuale senza mai superare il limite della comprensione umana. *Non conviviali* sono invece quelli che, dietro una facciata di efficienza, riducono tali capacità, generano dipendenza e concentrano nelle mani di pochi il controllo dei molti. La scuola di massa,

ammoniva Illich, è sempre tentata di scivolare nel secondo registro; ed è in nome di quella tensione che il titolo di queste pagine invoca un rapporto "armonioso", e non meramente strumentale, tra educazione e tecnologia. Cinquant'anni dopo, la sua domanda, quali strumenti meritino davvero posto in un progetto che voglia formare soggetti, e non addestrare utenti, è di nuovo stringente, e da essa muove la riflessione che segue.

Da almeno vent'anni il discorso pubblico sulla scuola e il digitale ruota attorno ad una parola d'ordine, «innovazione», e ad una convinzione implicita: che i giovani, in quanto utilizzatori precoci delle tecnologie, indichino la direzione del futuro, quasi come avanguardie naturali del cambiamento, e che alla scuola tocchi il compito di *rincorrerli* adottando quanto prima gli strumenti più innovativi. È un assetto che ricade quasi punto per punto nel registro illichiano degli strumenti non conviviali, e tra gli studiosi italiani impegnati per indagarlo oggigiorno vi è Marco Gui, alle cui analisi queste pagine si ispirano con piena adesione. Già in *Il digitale a scuola* (2019) Marco Gui, sociologo dei media all'Università di Milano-Bicocca e coordinatore del centro di ricerca "Benessere Digitale", ha mostrato con efficacia i limiti di questa impostazione: "la corsa all'ultima tecnologia ha alimentato nell'istituzione scolastica un complesso di inadeguatezza verso il mondo esterno, senza per questo rafforzare la capacità dei ragazzi di rapportarsi criticamente al digitale".

Il vento, del resto, è cambiato. Gui parla di un vero e proprio «ritorno d'onda» che ha rovesciato il dibattito negli ultimi anni: tra il 2023 e il 2025 smartphone e social network sono passati da promessa di emancipazione a problema educativo, tra documentari ad alto impatto, petizioni di genitori, circolari ministeriali per il primo ciclo e crescenti limitazioni istituzionali. Solo per fare alcuni esempi rilevanti, basti pensare alle cause depositate nel 2023 da quarantadue procuratori generali statali davanti alla corte federale della California del Nord, al divieto australiano ai social per gli *under 16* in vigore dal 10 dicembre 2025 e già citato come modello dal resto del mondo; o all'annuncio con cui il governo britannico ha dichiarato di volerne adottare l'impianto e anzi spingersi oltre, con un divieto ai social per gli *under 16* atteso in vigore per la primavera 2027 e restrizioni aggiuntive su *livestreaming*, comunicazione con estranei e *scroll* infinito. Questo rovesciamento ha dunque conosciuto un preoccupante crescendo e nel 2026 sta sfiorando lo scandalo. Il 25 gennaio 2026 il Tech Oversight Project ha pubblicato un rapporto dal titolo eloquente: *Unsealed Court Documents Show Teen Addiction Was Big Tech's «Top Priority»*. I documenti interni desecretati nei procedimenti MDL (Multi-District Litigation) davanti alle corti federali della California settentrionale e del Nord Dakota mostrano che *Meta*, *Google*, *Snap* e *TikTok* hanno progettato deliberatamente le proprie piattaforme per indurre dipendenza nei minori, e che quella «dipendenza di massa» dei giovani era assunta come cuore stesso del modello di business.

Un documento interno di TikTok ammette esplicitamente che «l'uso compulsivo della piattaforma è dilagante» e che gli utenti più giovani, «particolarmente sensibili al rinforzo della ricompensa sociale», hanno «scarsa capacità di autoregolarsi». Il rapporto rivela inoltre il coordinamento di Big Tech con organizzazioni terze finanziate dal settore (dal National PTA al Family Online Safety Institute) per controllare il racconto pubblico e plasmare la narrazione sull'uso dei social da parte dei minori. Nelle settimane seguenti,

ulteriori carte giudiziarie hanno reso nota una strategia esplicita di Meta per «agganciare i ragazzi» (hook teenagers) come obiettivo prioritario, puntando a raggiungere attraverso loro l'intera famiglia.
Le prove emergono dalle aule dei tribunali, ma la sostanza è quella di un'inchiesta scientifica: dipendenza progettata, consapevolezza del danno e occultamento sistematico. È su tale mole di ricerche e implicazioni legali che oggi si orienta l'azione dei legislatori, dal *Digital Services Act* europeo alle normative dei singoli Stati americani per la tutela dei minori online.

Educare *ai* media prima che *con* i media

Date queste premesse, la tesi fondamentale di Gui, che fa da spina dorsale a queste pagine, è che la priorità non sia introdurre le tecnologie nella didattica, ma formare *prima* ad un rapporto critico e consapevole con gli strumenti tecnologici. Tale distinzione è stata fissata con nettezza da Antonio Calvani, figura di riferimento della pedagogia italiana, a lungo ordinario all'Università di Firenze e direttore scientifico di *Form@re*: mentre l'*education technology* riguarda la didattica che impiega il digitale come supporto all'insegnamento, la *media education* concerne lo sviluppo di uno sguardo critico sui media, intesi come linguaggi e artefatti culturali. E l'ordine non è indifferente.
Tra le evidenze empiriche a sostegno di tale assunto, vi è il progetto EYES UP presentato dal gruppo di ricerca di Gui nel febbraio 2025, in cui viene compiuta la prima indagine longitudinale dedicata all'*età di accesso* ai dispositivi. Seguendo oltre 6.600 studenti lombardi delle superiori, ha rilevato che chi ha iniziato a usare i social prima dei dodici anni ottiene risultati più bassi in italiano e matematica rispetto a chi ha cominciato verso i quattordici, con un impatto particolarmente marcato nei maschi. Non solo: la precocità tende ad allargare i divari socioeconomici, perché sono le famiglie con più risorse culturali a governare meglio tempi e modi dell'accesso. Lo stesso gruppo di ricerca ha mostrato, su un altro versante, che a tutelare i ragazzi non è tanto la dimestichezza tecnica quanto un atteggiamento meno ingenuo verso le logiche delle piattaforme: non basta «saper usare» gli strumenti, occorre formare uno sguardo critico.
È, in altri termini, la distinzione che David Buckingham, tra le voci più autorevoli del campo a livello internazionale, nel suo *Manifesto per la media education*, pone con grande chiarezza fra una *media literacy* ridotta ad addestramento funzionale all'uso degli strumenti (sicurezza in rete, alfabetizzazione informatica, *coding*) e una *media education* in senso pieno, capace di interrogare i meccanismi, le logiche commerciali e le forme di rappresentazione del mondo veicolate dai media. Buckingham da decenni mette in guardia da due retoriche speculari ma egualmente dannose: quella del «nativo digitale», l'idea che i ragazzi, per il solo fatto di usare i media, sviluppino spontaneamente le competenze critiche che servono loro, e quella che fa dell'alfabetizzazione digitale una soluzione individualistica a problemi sociali strutturali, scaricando sul singolo le responsabilità collettive. La comprensione critica dei media, sostiene, non è un processo spontaneo legato alla mera immersione, ma richiede un percorso formativo coerente, articolato su quattro nodi concettuali: i linguaggi mediali, la loro rappresentazione della realtà, le condizioni di produzione (chi governa

le piattaforme, con quali interessi ed entro quali dinamiche di potere) e i loro pubblici. Tale competenza va concepita come «diritto fondamentale per tutti gli studenti», da garantire fin dai primi anni di scolarizzazione e non come opzione tardiva riservata solo a determinati indirizzi di studio.

La conclusione che ne deriva riguarda allora non i metodi o gli strumenti della scuola, ma l'*oggetto* della sua attenzione: il suo compito storico di rendere gli studenti capaci di interpretare criticamente il mondo in cui vivono oggi passa anzitutto per i media attraverso cui quel mondo si racconta. In questa prospettiva, la digitalizzazione costituisce certamente una rivoluzione senza precedenti per la scuola, ma sul piano della pura didattica deve essere vista come un processo di miglioramento e arricchimento incrementale. Come ricorda Sonia Livingstone, che alla London School of Economics studia da anni il rapporto fra giovani, scuola e digitale, il valore educativo delle tecnologie non discende dalla loro mera presenza, ma dalla loro integrazione in un disegno pedagogico consapevole: le tecnologie possono allora divenire un prezioso complemento alla cassetta degli attrezzi dell'insegnante.

Qualificare o formare soggetti? La lezione di Biesta

Perché la media education *debba precedere* la didattica con le tecnologie lo chiarisce, sul piano teorico, Gert Biesta, tra le voci più influenti a livello internazionale della filosofia dell'educazione. Egli sostiene che l'educazione lavora su tre funzioni inseparabili: la *qualificazione* (fornire conoscenze e competenze), la *socializzazione* (l'inserimento in tradizioni e pratiche) e la *soggettivazione*, ossia l'arrivo dell'*io* nel mondo come soggetto della propria vita e «non come oggetto di forze o desideri provenienti da altrove». La sua critica più tagliente riguarda quella che chiama *learnification*: la tendenza a ridurre ogni questione pedagogica al linguaggio neutro dell'"apprendimento", che svuota l'educazione delle sue domande di senso e di scopo. A questa si lega l'accusa all'"età della misurazione", ossessionata dalla produzione di esiti misurabili a scapito della formazione di persone capaci di "stare nel mondo in proprio". Biesta ricorda che ciò che più conta è anche ciò che meno si lascia misurare.

Il punto è che l'*education technology*, da sola, ricade quasi per intero nella dimensione della qualificazione: insegna a adoperare strumenti e a muoversi negli ambienti digitali, è necessaria ma non sufficiente. È il tipo di obiettivo più facilmente misurabile e proprio per questo ha potuto monopolizzare l'agenda scolastica. La media education intesa in senso forte tocca invece la soggettivazione: riguarda la capacità del giovane di resistere alle insidie dell'economia dell'attenzione, di discernere, di non lasciarsi definire dalle metriche di visibilità di una piattaforma. È la formazione di un soggetto autonomo, non l'addestramento di un utente.

Nel saggio *Il mondo al centro dell'educazione*, Biesta muove da queste premesse per formulare una proposta netta: l'educazione dovrebbe essere «centrata sul mondo», non sul ragazzo né sul curricolo, e il compito dell'insegnamento non può ridursi al trasmettere conoscenze, ma deve riorientare l'attenzione degli studenti verso il mondo, affinché possano incontrare ciò che il mondo chiede loro. Esistere «in modo adulto», aggiunge, significa fare della domanda «se i nostri desideri siano davvero degni di essere desiderati» una

questione viva. In un'epoca in cui le tecnologie sono progettate per catturare e frammentare l'attenzione, la definizione dell'insegnamento come "educazione dell'attenzione al mondo" suona quasi come un vero e proprio programma di media education: insegnare a sostare, a guardare in profondità e a coltivare uno sguardo lungo, laddove l'ambiente digitale spinge verso una risposta rapida e reattiva.

Educare attraverso tecnologie non neutrali?

L'insegnante è chiamato, sul piano etico, a rendere gli studenti consapevoli della *non neutralità* delle piattaforme, dei loro interessi commerciali e dei meccanismi nascosti di ingegneria sociale. Occorre infatti distinguere tra i media come meri canali di trasmissione (la fibra ottica, le onde radio), in cui le finalità l'uso sono governate dall'utente, e i media come ambienti complessi. Prendiamo i social network: l'architettura d'ambiente non si limita a ospitare l'interazione, ma orienta scelte, credenze e comportamenti secondo logiche invisibili a chi le subisce. Si genera così il paradosso evidenziato dal ricercatore della Sapienza Marco Fasoli: più le tecnologie digitali si evolvono, più diventano sofisticate nel sollecitare i circuiti più ancestrali del nostro cervello.

Su un piano parallelo a quello di Fasoli, ma con uno sguardo più direttamente socio-economico, David Buckingham argomenta che le grandi piattaforme che oggi mediano la nostra vita quotidiana non vanno trattate come neutrali infrastrutture tecnologiche, perché «non si tratta semplicemente di aziende tecnologiche: sono anche aziende mediali», che ci forniscono sempre più «i mezzi di rappresentazione e comunicazione indispensabili per la vita moderna». Richiamando la celebre formula di Melvin Kranzberg, Buckingham evidenzia come la tecnologia «non sia né buona né cattiva, e neppure neutrale», e ciò vale anche per gli algoritmi che organizzano le nostre ricerche, alimentano i feed e selezionano i contenuti di cui fruiamo: lungi dall'essere automaticamente «obiettivi e veri», essi sono il risultato di scelte concrete su quali dati raccogliere, come correlarli e a chi debbano servire. Ne discende che la scuola non può limitarsi ad attrezzare gli studenti per «usare bene gli strumenti», deve formare in loro la capacità critica di riconoscere come essi mediano «il rapporto tra individui, conoscenza e potere».

È sullo stesso terreno della non neutralità che la ricerca internazionale spinge oggi la media education, andando oltre la sola, pur fondamentale, competenza nell'uso degli strumenti. Le nozioni di *datafication* e *platformization*, sviluppate da Felicitas Macgilchrist e Andreas Weich, invitano a leggere criticamente le infrastrutture (algoritmi, modelli di business, sfruttamento dei dati) entro cui le pratiche digitali sono immerse, anziché scaricare sul singolo la responsabilità di problemi strutturali. Il lavoro di Hintz, Dencik e Wahl-Jorgensen sulla cittadinanza digitale in una società datificata va nella stessa direzione. La posta si è alzata ancora di più con l'intelligenza artificiale generativa, cuore del dibattito sulle linee guida dell'informatica e dell'IA a scuola: la *critical GenAI literacy* non chiede solo di saper usare i *chatbot*, ma di comprenderne le implicazioni democratiche e l'intreccio con dinamiche di potere e di mercato.

Le indicazioni del 2026: un'occasione da non sprecare

Questo discorso giunge in un momento decisivo. In Italia le nuove Indicazioni nazionali per la scuola dell'infanzia e il primo ciclo, adottate con il decreto ministeriale n. 221 del 9 dicembre 2025 e pubblicate in Gazzetta Ufficiale il 27 gennaio 2026, sono entrate nell'ordinamento l'**11 febbraio 2026** e saranno pienamente applicate dall'anno scolastico **2026-2027**. Introducono per la prima volta l'informatica già nella scuola primaria e la inquadrano in un approccio che, nelle parole stesse del Ministero, supera l'uso meramente strumentale delle tecnologie per sviluppare una consapevolezza critica del digitale, inclusa una prima familiarizzazione con l'intelligenza artificiale. Le stesse Indicazioni entreranno in vigore progressivamente dall'a.s. 2026-2027, seguite a breve dalle indicazioni per i licei (pubblicate in bozza nell'aprile 2026, con entrata in vigore prevista per settembre 2027) e dalle linee guida per gli istituti tecnici.
Sul versante europeo la convergenza è netta: il **5 marzo 2026** la Commissione europea ha pubblicato quattro pacchetti di orientamento per i docenti sull'uso etico dell'IA e dei dati nell'istruzione, sul contrasto alla disinformazione, sulla selezione di contenuti digitali di qualità e sull'**insegnamento dell'informatica** — ricordando che l'informatica «è più del coding» e deve mettere gli studenti in grado di comprendere e dare forma alla tecnologia. Parallelamente, nel quadro del Digital Education Action Plan e del DigComp 2.2/3.0, l'UE ha consolidato il framework europeo per le competenze digitali, del quale in Italia *AICA* presidia da decenni la certificazione, accompagnandone la traduzione nei principali documenti ministeriali.
Sono tutti sviluppi che, sulla carta, danno ragione alla priorità qui sostenuta: la formazione di uno sguardo critico viene riconosciuta come fine, non come accessorio. Ma è proprio qui che si gioca la partita: le stesse parole «competenze digitali», «informatica», «intelligenza artificiale» possono essere declinate nel registro della pura qualificazione misurabile oppure in quello, di matrice biestiana, della soggettivazione.
A tal proposito, ancora Marco Gui, nel suo ultimo volume *Un patto sociale per l'educazione digitale*, richiama con forza la necessità di un'alleanza educativa capace di sottrarre il rapporto con le tecnologie alla logica dell'adattamento passivo e di ricondurlo entro un progetto condiviso di crescita umana, culturale e civica. Gui propone un «patto sociale» strutturato su tre pilastri: gradualità nell'autonomia digitale, sviluppo di competenza critica e azione collettiva tra scuole, famiglie, istituzioni (persino i pediatri), sottraendo l'educazione digitale alla confusione attuale e alle pericolose distorsioni del capitalismo digitale.
Dunque, per evitare che le indicazioni del 2026 si riducano all'ennesima ondata di addestramento strumentale, occorre che la media education ne diventi l'asse portante e non la cornice retorica: la lettera dei nuovi documenti indica la direzione giusta, ma sarà la pratica concreta a decidere se l'informatica a scuola formerà cittadini capaci di interrogare il digitale o soltanto utenti più efficienti.

Conclusioni

La vera priorità pedagogica della scuola contemporanea non risiede nella semplice integrazione delle tecnologie nella didattica, bensì nello sviluppo di una media education critica e consapevole. Per anni, la rincorsa alle infrastrutture digitali ha assorbito ingenti risorse economiche e progettuali, senza tuttavia produrre miglioramenti sistemici. L'analisi critica dei media — l'unica capace di trasformare un utente passivo in un soggetto autonomo, consapevole delle logiche celate dietro agli schermi— è stata invece relegata ai margini.

Sherry Turkle, eminente sociologa e psicologa del *MIT*, in *Reclaiming Conversation* (2015, ripubblicato nel 2025 con un nuovo capitolo sull'IA generativa) documenta come i dispositivi connessi abbiano reso noi e i nostri studenti «forever elsewhere», costantemente proiettati altrove, e come la scuola che ceda al loro richiamo rischia di indebolire proprio quelle competenze fondamentali (attenzione profonda, ascolto, empatia, pensiero lento) che è chiamata a coltivare. Un'altra prospettiva autorevole che conferma lo stesso ordine di priorità: prima si educano le persone *ai* media, poi — e solo allora con frutto — le persone *con* i media.

È opportuno, tuttavia, ribadire che tale consapevolezza non implica in alcun modo una posizione di rigetto della digitalizzazione, né delle opportunità che essa offre al contesto educativo. Essere critici verso la tecnologia, come ricorda Neil Selwyn, uno tra i maggiori studiosi contemporanei di tecnologie educative, non equivale ad esserle ostili, ma significa praticare una riflessione costruttiva, realistica e aperta alla possibilità di immaginare alternative. Soprattutto, significa cambiare la domanda da «*che cosa funziona?*» a «*a che cosa serve l'educazione?*», che è la domanda di lavoro che Biesta oppone all'età della misurazione, e che restituisce alla media education la sua precedenza logica e morale sulla didattica degli strumenti.

Non è un caso, allora, che il pensiero di Illich stia vivendo proprio in questi anni una nuova stagione di lavoro: dalle pagine di *The Convivial Society* di L.M. Sacasas alla rassegna *Thinking With Ivan Illich* curata da Carl Mitcham (2023), fino al corso *Convivial Machine Learning* del Digital Humanities Summer Institute 2026, gli studiosi più recenti chiedono che i criteri illichiani di apertura, accessibilità, non-dipendenza, controllo da parte dell'utilizzatore, diventino la bussola con cui valutare ogni nuovo strumento educativo, dai social all'intelligenza artificiale generativa. Un rapporto davvero *conviviale* tra educazione e tecnologia, dunque, non nasce dalla rincorsa alla cultura giovanile né dal suo sterile rifiuto, ma piuttosto dal restituire alla scuola la sua missione più alta: reindirizzare l'attenzione dei ragazzi verso il mondo, e renderli capaci di chiedersi — anche di fronte a uno schermo — se ciò che desiderano sia davvero degno del loro desiderio.

Bibliografia

Australian Government, *Online Safety Amendment (Social Media Minimum Age) Act 2024* (in vigore dal 10 dicembre 2025), Parliament of Australia, Canberra 2024.

Biesta G., Il mondo al centro dell'educazione. Una visione per il presente, tab edizioni, Roma 2023 (ed. or. World-Centred Education, Routledge, 2022).

Biesta G., The Rediscovery of Teaching, Routledge, London-New York 2017.

Buckingham D., The Media Education Manifesto, Polity, Cambridge 2019 (tr. it. Un manifesto per la media education, a cura di G. Cappello, Mondadori Università, Milano 2020).

Calvani A., *Manuale di tecnologie dell'educazione, nuova ed. ampliata e aggiornata*, ETS, Pisa 2001.

Consiglio d'Europa, Draft Recommendation on Artificial Intelligence Literacy (approvata dal CDEDU, 9ª sessione plenaria, Strasburgo, marzo 2026).

Commissione europea, Guidelines for teachers on the ethical use of AI and data; on digital literacy; on digital education content; on teaching informatics, nel quadro del Digital Education Action Plan, 2025.

Decreto del Ministro dell'istruzione e del merito 9 dicembre 2025, n. 221, Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione (G.U. 27 gennaio 2026).

Department for Science, Innovation and Technology (UK), *Social media to be banned for under-16s in landmark government move to give kids their childhood back*, gov.uk, comunicato del 15 giugno 2026.

Farina M., Lavazza A. (a cura di), Philosophy, Expertise, and the Myth of Neutrality, Routledge, London-New York 2024.

Fasoli M., Il paradosso delle "nuove" tecnologie e i suoi pericoli cognitivi, in Atti del convegno AISC, Napoli 2013.

Fasoli M., Gui M., Stress digitale. Gli effetti collaterali della sovrabbondanza comunicativa, in "Aggiornamenti Sociali", marzo 2015, pp. 218-227.

Gui M., Il digitale a scuola. Rivoluzione o abbaglio?, Il Mulino, Bologna 2019.

Gui M., Gerosa T., Strumenti per apprendere o oggetti di apprendimento?, in "Scuola Democratica", Milano 2019.

Gui M., *Un patto sociale per l'educazione digitale. Attori, evidenze e prospettive dopo l'era degli entusiasmi*, Mondadori Università, Milano 2026.

Hintz A., Dencik L., Wahl-Jorgensen K., Digital Citizenship in a Datafied Society, Polity Press, Cambridge 2019.

Illich I., Tools for Conviviality, Harper & Row, New York 1973 (tr. it. La convivialità, Mondadori, Milano 1974).

Livingstone S., Sefton-Green J., The Class. Living and Learning in the Digital Age, NYU Press, New York 2016.

Macgilchrist F., Weich A. (a cura di), Postdigital Participation in Education, Springer, Cham 2023.

Mitcham C., Tools for Conviviality: Argument, Insight, Influence, in Thinking With Ivan Illich, Conspiratio, 2023.

Respi C., Gui M. et al., EYES UP (EarlY Exposure to Screens and Unequal Performance): report di fine progetto, Milano 2025 (www.benesseredigitale.eu).

Sacasas L.M., The Convivial Society, newsletter dal 2020 (theconvivialsociety.substack.com).

Selwyn N., Education and Technology. Key Issues and Debates, 3ª ed., Bloomsbury Academic, London 2022.

Tech Oversight Project, Unsealed Court Documents Show Teen Addiction Was Big Tech's "Top Priority", rapporto del 25 gennaio 2026 (techoversight.org).

Turkle S., Reclaiming Conversation. The Power of Talk in a Digital Age, Penguin Press, New York 2015, n. ed. con un cap. sull'IA generativa, 2025 (tr. it. La conversazione necessaria, Einaudi, Torino 2016).



Christian Fiori

christian3.fiori@gmail.com

Christian Fiori è un educatore digitale e ricercatore nel campo degli studi critici sulle tecnologie emergenti, con una specializzazione nei risvolti etici e sociali del loro sviluppo e utilizzo, nonché nei loro impatti e ricadute sull'educazione e sulla salute dei giovani. Accanto alla formazione tecnica in Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni presso l'Università di Bologna e all'esperienza nel Quantum Computing con CINECA, ha approfondito la Filosofia dell'Informazione presso l'Università di Urbino, conseguito un Master in Filosofia del Digitale e Intelligenza Artificiale all'Università di Udine e un diploma di Alta Specializzazione in Etica e IA presso la Pontificia Università Antonianum di Roma. Attualmente è *digital educator & ethicist* presso AICA, è parte della redazione delle due riviste di AICA, BRICKS e MONDO DIGITALE e del Comitato Organizzativo dell'evento DIDAMATICA.

Poche frasi, una disciplina.

L'informatica nelle nuove Indicazioni Nazionali per il primo ciclo

Michael Lodi, Università di Bologna
Violetta Lonati, Università di Milano

Sommario

Le nuove Indicazioni Nazionali per la scuola dell'infanzia e del primo ciclo, pubblicate in Gazzetta Ufficiale nel gennaio 2026, introducono per la prima volta competenze, obiettivi di apprendimento e conoscenze di informatica, collocati nelle discipline matematica e tecnologia. Proponiamo un'analisi delle frasi dedicate all'informatica, organizzata attorno a tre nuclei scientifici fondamentali – dati e informazione, algoritmi, programmazione – e ai due ambiti della consapevolezza e della creatività digitale. Discutiamo infine le condizioni perché il curricolo diventi pratica di classe: formazione degli insegnanti in servizio, riforma dei percorsi universitari per la formazione iniziale dei docenti, materiali di qualità e, in prospettiva, il riconoscimento dell'informatica come disciplina autonoma.

Parole chiave: informatica; Indicazioni Nazionali; primo ciclo; didattica dell'informatica; formazione degli insegnanti.

1 L'informatica nel curricolo

Con il decreto ministeriale del 9 dicembre 2025, pubblicato in Gazzetta Ufficiale il 27 gennaio 2026, le nuove Indicazioni Nazionali per la scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione[1] introducono per la prima volta competenze, obiettivi di apprendimento e conoscenze[2] esplicitamente riferiti all'informatica (MIM – Ministero dell'Istruzione e del Merito 2025). Gli elementi di informatica sono collocati all'interno di

[1] Che include la scuola primaria e la scuola secondaria di primo grado.

[2] Conoscenze che, a differenza di competenze e obiettivi, non sono prescrittive, ma aiutano a comprendere meglio il pensiero degli autori delle Indicazioni.

matematica e di tecnologia, e arriveranno in classe dall'anno scolastico 2026/2027 a partire dalle classi prime della primaria e della secondaria di primo grado. È una novità che rischia di passare inosservata, perché si concretizza in poche frasi molto compresse: non nasce una nuova disciplina scolastica, eppure quelle frasi contengono un disegno preciso, e vale la pena leggerle con attenzione.

Perché l'informatica a scuola, e fin dalla primaria? L'elaborazione automatica dei dati è il motore invisibile di app, piattaforme, mercati, servizi pubblici: chi non possiede i concetti per capire come i dati rappresentano la realtà, che cosa significa che una decisione è delegata a un algoritmo, come un programma fa ciò che fa, guarda questo mondo da spettatore. Se gli strumenti cambiano, quei concetti sono stabili, e si possono insegnare fin da piccoli come i fondamenti della matematica o delle scienze: il tanto evocato "pensiero computazionale" (Wing 2006) non può svilupparsi senza lo studio e la pratica dell'informatica (Lodi et al. 2017; Lodi and Martini 2021; Lodi 2020).

In questo articolo proponiamo una lettura analitica delle frasi dedicate all'informatica nelle nuove Indicazioni: da dove vengono, che cosa dicono e, soprattutto, quale informatica c'è dietro.

2 Una novità che viene da lontano

L'introduzione dell'informatica nelle Indicazioni Nazionali arriva dopo decenni di rapporti tormentati tra informatica e scuola italiana, che si possono riassumere individuando alcune fasi "storiche": gli anni Ottanta con le sperimentazioni con LOGO e le interessanti proposte avanzate da Giovanni Prodi (Prodi 1990; Barozzi 2010), poi confluite nel Piano Nazionale Informatica (Barozzi and Ciarrapico 2003), centrate sugli aspetti costruttivi della matematica e l'educazione al pensiero algoritmico; la lunga stagione della "patente del computer" in cui fare informatica significava usare applicativi; gli anni di "coding" e "pensiero computazionale" entrati nella normativa senza un chiaro rapporto con la disciplina (Lodi and Martini 2024).

Le nuove Indicazioni scelgono finalmente la parola *informatica* e richiamano la Raccomandazione del Consiglio dell'Unione europea del 23 novembre 2023 (Consiglio dell'Unione europea 2023), che invita a introdurne l'insegnamento fin dall'inizio dell'istruzione obbligatoria, come confermato dalle successive linee guida (Commissione europea and Direzione generale dell'Istruzione, della gioventù, dello sport e della cultura 2026).

Nonostante l'orientamento istituzionale prevalente in passato, sono tuttavia sempre esistite iniziative volte a promuovere una diversa visione dell'informatica a scuola, intesa come disciplina scientifica dotata di propri concetti, metodi e fondamenti culturali, non riducibile al semplice uso delle tecnologie o all'acquisizione di competenze di programmazione (Nardelli 2020). Nel dicembre 2017 il CINI, Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica, con i professori universitari di informatica (GRIN) e di ingegneria informatica (GII), pubblicò una "Proposta di Indicazioni Nazionali per l'insegnamento dell'Informatica nella Scuola" (CINI, Laboratorio Nazionale Informatica e Scuola 2017), alla cui stesura abbiamo preso parte. La proposta

guardava alle esperienze internazionali, in particolare al curriculum inglese di *Computing*, obbligatorio dalle elementari fin dal 2014 (Department for Education 2013), e ne adattava lo spirito al formato dei documenti curricolari italiani, con traguardi e obiettivi organizzati in cinque ambiti: **dati e informazione, algoritmi, programmazione, consapevolezza digitale, creatività digitale**.

La bozza delle nuove Indicazioni, diffusa nel marzo 2025 per il dibattito pubblico[3], riprendeva quasi alla lettera gli obiettivi e i traguardi della proposta CINI; la versione pubblicata nel testo definitivo rielabora quei contenuti, rendendoli più accessibili ai non informatici, ma anche accorpandoli e, in parte, riducendoli. Ne risultano frasi brevi che condensano, a volte in una riga, percorsi concettuali articolati: proviamo a leggerle da vicino, seguendo i cinque ambiti della proposta CINI, i primi tre affidati soprattutto alla matematica, gli ultimi due alla tecnologia.

3 Competenze digitali o competenze informatiche?

Prima degli obiettivi, conviene partire dalle premesse culturali, dove si legge che «esiste differenza tra "competenze digitali" (intese come padronanza di uso efficace, sicuro e consapevole di dispositivi, strumenti e tecnologie digitali) e "competenze informatiche", riferite, queste ultime, alla comprensione di come i dati (rappresentati digitalmente, cioè in forma numerico/simbolica) possano essere elaborati in maniera automatica, ad opera di "agenti" che eseguono meccanicamente procedimenti ideati da umani» (MIM – Ministero dell'Istruzione e del Merito 2025, 25).

È una distinzione cruciale. Sancisce, in un documento curricolare nazionale, che saper usare le tecnologie e capire l'informatica sono cose diverse: confonderle è stato l'equivoco dominante degli ultimi trent'anni, un po' come se la biologia fosse la scienza dei microscopi. La novità sta tutta nell'elaborazione automatica, e la premessa di matematica lo ribadisce: «La novità dell'Informatica rispetto alla rappresentazione digitale dei dati è che essa consente di elaborarli in modo completamente automatico mediante l'utilizzo di un dispositivo (informatico), che funge da mero esecutore meccanico di un procedimento di calcolo ideato e progettato dall'uomo» (MIM – Ministero dell'Istruzione e del Merito 2025, 120). L'umanità progetta algoritmi da secoli, e la parola stessa deriva dal nome di al-Khwārizmī, matematico del IX secolo; ciò che l'informatica aggiunge è che quei procedimenti vengano eseguiti da agenti privi di intelligenza, di buon senso e di libero arbitrio (Nardelli 2022, cap. 3). Questo cambia il modo in cui i procedimenti vanno pensati e descritti, e gli effetti che la loro esecuzione, replicabile su scala enorme, produce sulla società.

L'obiettivo dell'informatica nel primo ciclo è che gli allievi acquisiscano la prospettiva culturale della disciplina, concretizzata «modellando tramite dati – opportunamente organizzati e rappresentati – le informazioni rilevanti per gli obiettivi che devono essere raggiunti; progettando algoritmi, ovvero descrizioni precise e non

[3] https://www.mim.gov.it/documents/20182/0/Nuove+indicazioni+2025.pdf/cebce5de-1e1d-12de-8252-79758c00a50b?version=1.0&t=1741684578272

ambigue (in riferimento a uno specifico esecutore) di procedure (per raggiungere tali obiettivi) che si prestano ad essere automatizzate; utilizzando linguaggi artificiali, direttamente eseguibili, per esprimere gli algoritmi come programmi informatici, in modo che questi possano essere eseguiti automaticamente da "agenti meccanici"» (MIM – Ministero dell'Istruzione e del Merito 2025, 120–21). In una sola frase, tre grandi idee che strutturano gli ambiti scientifici: le informazioni si esprimono mediante dati, codificati digitalmente; gli algoritmi operano sui dati per svolgere compiti e risolvere problemi; i programmi esprimono gli algoritmi in una forma che una macchina può eseguire (Bell et al. 2018).

4 Dati e informazione

Alla fine della primaria gli alunni dovranno saper «esprimere informazioni mediante dati di varia natura e codificare tali dati anche digitalmente»; già in terza, «scegliere ed utilizzare oggetti o simboli per rappresentare informazioni»; in quinta, «scegliere combinazioni di simboli per rappresentare dati strutturati». Tra le conoscenze compare la «rappresentazione di dati e informazioni e loro differenza».
Quella differenza, che a molti suonerà nuova, è un'idea profonda (Lonati and Monga 2025) e insegnabile prestissimo. Un dato, da solo, non dice nulla: "10" può essere un'età, un prezzo, un giorno, una velocità (cfr. Figura 1). Diventa informativo quando chi lo riceve sa interpretarlo in un contesto.

Fig 1. Un dato, da solo, non dice nulla: "10" può essere un'età, un prezzo, una velocità, ecc.

Viceversa, il passaggio dall'informazione ai dati comporta sempre una scelta. Quale dato scegliamo per esprimere un'informazione dipende dalle finalità e dal contesto: per individuare un poligono tra i due nella parte sinistra della Figura 2 posso usare il colore (o il numero di lati, la posizione sopra/sotto, …); ma quando i poligoni diventano quattro, il colore da solo non basta (né il numero di lati, né la posizione sopra/sotto).

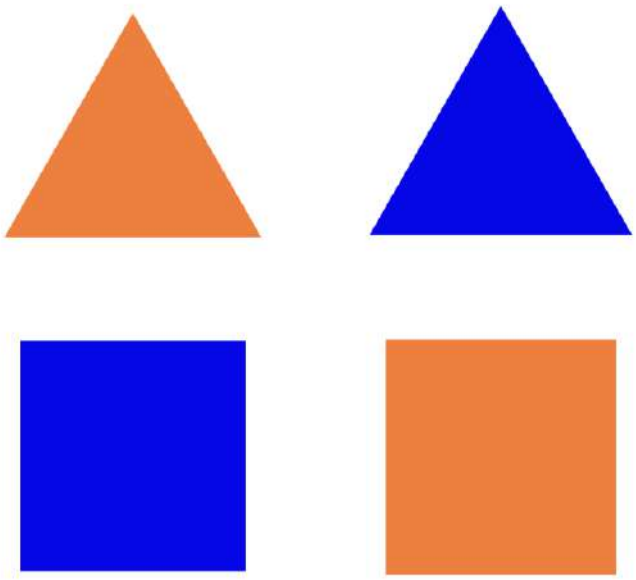


Fig. 2. Quattro poligoni in cui un singolo dato, come colore, forma o posizione, non basta a identificare univocamente un oggetto.

Scegliere i dati significa modellare: ogni modello trattiene alcuni aspetti della realtà e ne esclude altri, in funzione dello scopo. Non a caso la competenza per la secondaria chiede di «rappresentare informazioni in relazione al compito da svolgere»: è il compito a determinare quali dati servono, quali sono superflui, quando due rappresentazioni sono intercambiabili.

Un ulteriore passo è la codifica: qualunque dato «di varia natura» (numeri, ma anche testi, immagini, suoni) può essere rappresentato come una sequenza di simboli scelti da un alfabeto finito, al limite di due soli simboli, purché le regole del sistema permettano di ricostruire il dato senza perdite né ambiguità.

Per questo gli obiettivi insistono sull'esplicitazione dell'interpretazione dei simboli, ossia la legenda. Molto di ciò che serve, peraltro, può essere introdotto a partire da contesti già familiari nelle classi, rileggendoli in chiave informatica: legende delle mappe, sistemi di scrittura, carte da gioco fitte di numeri e simboli (Boldi et al. 2025).

È qui che il «sistema binario», elencato tra le conoscenze della secondaria, trova il suo senso informatico: come caso paradigmatico di sistema di codifica, esplorabile per scoperta (che cosa codificherà questa sequenza? con quali regole?), e non come ennesima procedura di conversione da eseguire meccanicamente.

La possibilità di ricondurre dati di diversa natura a rappresentazioni digitali è una delle ragioni della straordinaria versatilità dei dispositivi informatici: numeri, testi, immagini, suoni, video e perfino programmi possono essere conservati, copiati, trasmessi e manipolati dallo stesso tipo di macchina perché ricondotti a una forma comune (Bell et al. 2021). Per questo un computer non è una macchina specializzata per un solo compito, a differenza di molti dispositivi analogici tradizionali, ma un esecutore universale in grado di manipolare simboli attraverso programmi che svolgono compiti specifici ogni volta diversi.

5 Algoritmi

Alla fine della scuola primaria si chiede di saper «descrivere procedure per lo svolgimento di compiti pratici mediante algoritmi». In particolare, come obiettivo alla fine della terza, di «descrivere a parole attività della vita quotidiana tramite sequenze di passi precisi e non ambigui e saperle eseguire»; tra le conoscenze, il «concetto di algoritmo e sua esecuzione rigorosa».

La scuola, e in particolare la matematica a scuola, è piena di algoritmi da sempre: le operazioni in colonna, il calcolo del massimo comune divisore, le costruzioni con riga e compasso. La prospettiva informatica introduce due spostamenti di senso. Il primo riguarda la non ambiguità, che non è un generico invito alla precisione: una descrizione, dicono le Indicazioni Nazionali, è non ambigua solo in riferimento a uno specifico *esecutore*, di cui vanno esplicitate le operazioni elementari di cui è capace: il suo "catalogo di azioni". È il punto debole della metafora della ricetta, onnipresente nei libri di testo (Monga et al. 2025): "attendi qualche secondo e riprova ad assaggiare" funziona per un cuoco dotato di giudizio, mentre l'esecutore automatico non può decidere quanto valga "qualche". Descrivere per iscritto la preparazione di un panino e vederla

eseguita alla lettera da qualcuno che "fa l'automa" mostra ai bambini esattamente questo: chi progetta e chi esegue sono separati, l'esecuzione avverrà dopo, senza possibilità di chiarimenti, e ogni ambiguità presenterà il conto (Bissoli et al. 2026; Lodi et al. 2026). Anche la chiusa dell'obiettivo di terza, quel «saperle eseguire», acquista così spessore: interpretare il ruolo dell'esecutore, compiendo alla lettera, fisicamente o mentalmente, i passi descritti da altri, è il modo più diretto per scoprire dove si annidano le ambiguità.
Il secondo spostamento riguarda il rapporto tra algoritmi e problemi. Nella pratica scolastica l'algoritmo è spesso uno strumento appreso da applicare, tanto che in didattica della matematica "apprendimento algoritmico" indica proprio l'abilità di eseguire metodi risolutivi (Crippa, Branchetti, et al. 2025). In informatica il rapporto si rovescia: l'algoritmo è il punto d'arrivo, la soluzione di un problema generale, dove per problema generale si intende un'intera classe di casi che condividono la struttura e differiscono per i dati (Crippa, Lonati, et al. 2025). Tre quesiti che chiedono se altrettante tavolette di cioccolato costino più o meno della media al chilo sono tre istanze dello stesso problema: si possono risolvere uno per uno, oppure progettare una volta per tutte un procedimento che li risolva tutti, e poi delegarne l'esecuzione. L'ideazione spesso passa dalla scomposizione: individuare sottocompiti semplici e combinarli – come quando, ad esempio, per ordinare una collezione di oggetti, si riparte ogni volta dal saperne trovare il più piccolo. Progettare, analizzare, confrontare algoritmi, capire perché un metodo funziona invece di limitarsi ad applicarlo, sono attività creative e riflessive, l'opposto dell'esecuzione meccanica. In questa direzione va l'obiettivo della secondaria: «esaminare un algoritmo o un programma per capirne il comportamento, identificarne eventuali difetti e correggerli (debug)». L'algoritmo diventa un oggetto da studiare, mettere alla prova, migliorare.

6 Programmazione

Alla fine della primaria gli alunni dovranno saper «scrivere e comprendere semplici programmi, espressi in elementari linguaggi di programmazione a scopo didattico, e valutarne l'adeguatezza rispetto al compito che si vuole automatizzare»; già in terza, «scrivere semplici programmi e verificare, mediante la loro esecuzione, se svolgono il compito previsto ed eventualmente correggerli»; in quinta compaiono le istruzioni «di reazione ad eventi, e selezione (con condizione elementare) e ripetizione», e l'obiettivo di «tradurre un algoritmo in un programma ed esaminarne il comportamento anche al fine di correggerlo». Alla secondaria si aggiungono il «concetto di variabile», i programmi «strutturati in componenti modulari», le «funzioni e procedure», e la capacità di valutare l'esito di un programma «seguendone i passi e tenendo traccia del valore delle variabili». Le Indicazioni, si noti, parlano sempre di programmazione: mai di "coding", parola dilatata negli anni fino a coprire attività prive di contenuto informatico (Francalanci 2020; Lodi and Martini 2024).
Per essere effettivamente eseguibile, un algoritmo va scritto sotto forma di programma (Lodi and Martini 2025a): la sua espressione in un linguaggio artificiale dotato di regole precise, comprensibile agli umani e, al

contempo, eseguibile[4] da una macchina (Lonati et al. 2022). I linguaggi progettati «a scopo didattico» citati dal testo esistono e sono maturi, dalla programmazione visuale a blocchi (Resnick et al. 2009) fino a linguaggi testuali semplici come LOGO (Papert 1980); ambienti in cui si può vedere l'esecutore automatico compiere azioni del suo "catalogo" sulla base di istruzioni impartite dal programmatore. I costrutti elencati sono i mattoni di ogni programma: azioni in sequenza, ripetizione ("ripeti mentre/ripeti finché", "ripeti N volte"), selezione al verificarsi di una condizione ("se... allora..."), reazione a un evento ("quando si clicca su..."). Ripetizione e selezione si applicano anche a interi blocchi di istruzioni, come quando si disegna un quadrato ripetendo quattro volte la coppia "traccia un lato, gira di 90 gradi".

Due dettagli meritano attenzione. Il primo: si chiede di scrivere e comprendere, perché leggere un programma altrui, prevederne il comportamento, modificarlo per vedere che cosa succede è palestra potente anche più di scrivere da zero, specialmente oggi che i programmi possono essere scritti con l'aiuto dell'intelligenza artificiale (Lodi and Martini 2025b; Izu et al. 2019). Il secondo: la correttezza è definita non in assoluto ma in relazione «al compito che si vuole automatizzare» e la verifica mediante l'esecuzione introduce una pratica quasi sperimentale fatta di previsioni, prove e revisioni, in cui l'errore – il bug – è materiale di lavoro ordinario e non fallimento.

7 Consapevolezza e creatività: la parte di tecnologia

A tecnologia le Indicazioni affidano i due ambiti restanti, con una premessa netta: le tecnologie informatiche «vanno presentate agli studenti nella loro natura di strumenti che funzionano sulla base dei risultati teorici e metodologici dell'informatica, ossia come mezzo e non come scopo», evitando «errori metodologici basati su competenze digitali declinate come mero utilizzo di strumenti» (MIM – Ministero dell'Istruzione e del Merito 2025, 140–41).

La consapevolezza digitale, negli obiettivi, è fondata sulla comprensione: «riconoscere la presenza dei computer nella vita quotidiana e distinguere Internet come rete di comunicazione dai servizi e contenuti forniti» alla primaria, fino a comprendere alla secondaria «l'architettura di principio (fisica e funzionale) di un sistema informatico» e i «meccanismi fondamentali di Internet». Distinguere la rete dai servizi che vi transitano (ad esempio, contenuti web, messaggistica, streaming), sapere che cosa sono i «"codici segreti" per tutelare la riservatezza», comprendere «il valore dei dati personali e sensibili» e i «rischi sociali connessi alla raccolta sistematica dei dati»: sono le fondamenta concettuali senza le quali l'educazione alla cittadinanza digitale si riduce a un elenco di divieti. Nelle conoscenze della secondaria entra anche la «valutazione critica dei dati reperiti su rete e delle informazioni fornite da sistemi di intelligenza artificiale generativa», con un principio di fondo che il testo enuncia con chiarezza: «che siano gli esseri umani a

[4] Dopo un processo stratificato di traduzioni.

mantenere il controllo sulle decisioni basate su sistemi informatici che possono avere un impatto significativo sulle persone» (MIM – Ministero dell'Istruzione e del Merito 2025, 141).
La creatività digitale, infine, sposta gli alunni dal consumo alla produzione: «sviluppare un atteggiamento positivo nei confronti delle applicazioni informatiche riconoscendone le potenzialità come strumenti di espressione personale», «creare semplici contenuti e applicazioni informatiche a fini espressivi usando ambienti adatti e modificando o combinando quanto già disponibile». Quel «modificando o combinando» legittima una pratica preziosa, e profondamente informatica: imparare a partire da artefatti esistenti, esplorandoli, riusandoli e ricombinandoli. È la logica del *creative computing* e del *creative learning*, nel solco del costruzionismo di Papert (ideatore di LOGO) e alla base di Scratch, dove programmare significa progettare media interattivi per l'espressione creativa e personale (Papert 1980; Brennan and Resnick 2012; Brennan et al. 2014; Resnick 2017).

8 Con la matematica, ma con la propria identità

La collocazione dell'informatica all'interno di matematica e tecnologia è una scelta pragmatica: con orari e organici invariati, era difficile immaginare altro. La vicinanza con la matematica è comunque reale e non va sprecata: rigore, astrazione, *problem solving*, argomentazione sono terreno comune, e l'algoritmo è un autentico oggetto di confine tra le due discipline (Crippa, Branchetti, et al. 2025). Il punto di vista informatico può arricchire quello matematico, spingendo dalla soluzione del singolo esercizio verso il problema generale e l'automazione della sua soluzione; viceversa, la sensibilità matematica per la giustificazione e la dimostrazione risuona con l'attenzione che l'informatica pone sulla correttezza di algoritmi e programmi.
Ma perché l'incontro sia fecondo, le identità devono restare riconoscibili: la ricerca sull'interdisciplinarità insegna che il coordinamento e la trasformazione reciproca richiedono una fase preliminare in cui ciascuna disciplina chiarisce la propria specificità (Sbaraglia 2023; Lodi et al. 2025). La convivenza curricolare è un'opportunità che va costruita. L'informatica può certamente fornire strumenti concettuali per potenziare l'insegnamento/apprendimento della matematica; gli obiettivi nelle Indicazioni, tuttavia, delineano una prospettiva più ampia: l'informatica si configura come la disciplina che offre una specifica lente interpretativa sui fenomeni, ormai ubiqui, in cui l'elaborazione automatica dell'informazione ha un ruolo. È questa la dimensione culturale che le stesse Indicazioni richiamano nel paragrafo «Perché si studia la matematica» (MIM – Ministero dell'Istruzione e del Merito 2025, 120).

9 Perché le frasi diventino scuola

Resta la domanda decisiva: chi insegnerà tutto questo? Le Indicazioni introducono l'informatica senza ore dedicate né docenti specialisti, affidandola a insegnanti che, per la maggior parte, non l'hanno mai studiata. Non è una colpa: finora l'informatica non è mai stata una materia scolastica, e il corso di laurea in Scienze

della Formazione Primaria (LM-85 bis) prevede le tecnologie didattiche, ma nessun insegnamento di informatica né della sua didattica (MIUR 2010). L'aggiornamento frettoloso dei libri di testo, inoltre, corre il rischio di far ripetere gli errori fatti nei testi dello scorso decennio: metafore fuorvianti, "coding" come etichetta buona per tutto, algoritmi senza esecutore (Monga et al. 2025; Capecchi et al. 2025).

L'esperienza inglese è istruttiva. Quando nel 2014 il Computing divenne obbligatorio, la difficoltà maggiore non fu scrivere il curriculum, ma sostenerlo: pochi anni dopo, un rapporto della Royal Society fotografava una scuola in affanno proprio nella preparazione dei docenti (The Royal Society 2017), e il governo rispose nel 2018 con un investimento pubblico di 84 milioni di sterline nel National Centre for Computing Education (NCCE), una rete nazionale per fornire formazione e risorse agli insegnanti di informatica in Inghilterra (The Royal Society 2019). La lezione è che un curriculum vive solo se accompagnato da un piano di formazione strutturale, in servizio e soprattutto a livello di formazione iniziale: servono la riforma della LM-85 bis e percorsi abilitanti che includano l'informatica e la sua didattica, servono materiali di qualità, guide, esempi commentati, comunità di pratica in cui insegnanti e ricercatori lavorino insieme. Esperienze pilota, progettate anche da gruppi di ricerca interdisciplinari, stanno già partendo, ma serve un piano strutturale: la riuscita non può essere lasciata alla buona volontà dei singoli.

E serve, in prospettiva, il passo che queste Indicazioni preparano senza compierlo: il riconoscimento dell'informatica come disciplina scolastica autonoma, con ore e docenti propri, per tutto il percorso dell'obbligo, nella direzione indicata dalla Raccomandazione europea e già imboccata da molti Paesi. Le poche frasi entrate nelle Indicazioni sono, per chi lavora da anni su questi temi, un punto di arrivo quasi insperato; per la scuola italiana, un punto di partenza. Dietro ciascuna di esse, come abbiamo provato a mostrare, c'è un'intera disciplina: adesso occorre creare le condizioni perché entri davvero in classe.

Riferimenti bibliografici

Barozzi, Giulio Cesare. 2010. *Giovanni Prodi (1925–2010): Un Ricordo Personale*. https://matematica.unibocconi.eu/articoli/giovanni-prodi-1925-2010-un-ricordo-personale.

Barozzi, Giulio Cesare, and Lucia Ciarrapico. 2003. "Il Piano Nazionale Per l'informatica." *Bollettino Dell'Unione Matematica Italiana. La Matematica Nella Società e Nella Cultura*, Serie VIII, 6-A (3): 441–61.

Bell, Tim, Paul Tymann, and Amiram Yehudai. 2018. "The Big Ideas in Computer Science for K-12 Curricula." *Bulletin of EATCS* 124: 36–46. http://bulletin.eatcs.org/index.php/beatcs/article/view/521.

Bell, Tim, Paul Tymann, and Amiram Yehudai. 2021. *The Big Ideas of K-12 Computer Science Education*. https://www.csse.canterbury.ac.nz/big-ideas/BigIdeas-webdocument-15-Feb-2021.pdf.

Bissoli, Giorgia, Agnese Del Zozzo, Michael Lodi, and Alberto Montresor. 2026. *Sulle orme di Milù – Guida di Informatica per l'insegnante*. Guida docente, Mondadori Education, Milano, ISBN 9791220419833.

Boldi, Arianna, Sara Capecchi, Violetta Lonati, and Mattia Monga. 2025. "Playcards, Pasta and Rectangles: Teaching Information Representation and Data Encoding in 4th Grade." *Proceedings of the 30th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1* (New York, NY, USA), ITiCSE 2025, 354–60. https://doi.org/10.1145/3724363.3729091.

Brennan, Karen, Christan Balch, and Michelle Chung. 2014. *Creative Computing Curriculum Guide*. https://scratched.gse.harvard.edu/guide/curriculum.html.

Brennan, Karen, and Mitchel Resnick. 2012. "New Frameworks for Studying and Assessing the Development of Computational Thinking." *Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association* (Vancouver, BC, Canada). https://scratched.gse.harvard.edu/ct/files/AERA2012.pdf.

Capecchi, Sara, Michael Lodi, Violetta Lonati, and Anna Morpurgo. 2025. "L'informatica negli attuali libri di testo della scuola secondaria di primo grado, alla luce delle Indicazioni Nazionali 2025." In *La Didattica della Matematica con e per la scuola*, edited by Giorgio Bolondi, Bruno D'Amore, and Federica Ferretti. Bonomo Editore.

CINI, Laboratorio Nazionale Informatica e Scuola. 2017. *Proposta Di Indicazioni Nazionali Per l'insegnamento Dell'informatica Nella Scuola*. Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica. https://www.consorzio-cini.it/images/Proposta-Indicazioni-Nazionali-Informatica-Scuola-numerata.pdf.

Commissione europea, and Direzione generale dell'Istruzione, della gioventù, dello sport e della cultura. 2026. *Linee Guida Per l'insegnamento Dell'informatica: Strategie Pratiche Per Le Classi Europee*. Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea. https://doi.org/10.2766/0709808.

Consiglio dell'Unione europea. 2023. *Raccomandazione del Consiglio del 23 novembre 2023 sul miglioramento dell'offerta di abilità e competenze digitali nell'istruzione e nella formazione*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:C_202401030.

Crippa, Marta, Laura Branchetti, Luca Lamanna, and Violetta Lonati. 2025. "Conoscenza procedurale, algoritmi e problemi: spunti di riflessione da una prospettiva interdisciplinare tra matematica e informatica." In *La Didattica della Matematica con e per la scuola*, edited by Giorgio Bolondi, Bruno D'Amore, and Federica Ferretti. Bonomo Editore.

Crippa, Marta, Violetta Lonati, Luca Lamanna, and Laura Branchetti. 2025. "Educare al pensiero algoritmico: riflessioni e proposte per il primo ciclo." In *ITADINFO 2025. Terzo Convegno Italiano sulla Didattica dell'Informatica*, edited by Maria Angela Pellegrino and Veronica Rossano. Ledizioni.

Department for Education. 2013. *National Curriculum in England: Computing Programmes of Study*. https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study.

Francalanci, Lucia. 2020. "Coding." *Italiano Digitale* 12 (1): 95–101. https://doi.org/10.35948/2532-9006/2020.3311.

Izu, Cruz, Carsten Schulte, Ashish Aggarwal, et al. 2019. "Fostering Program Comprehension in Novice Programmers: Learning Activities and Learning Trajectories." *Proceedings of the Working Group Reports on Innovation and Technology in Computer Science Education* (New York, NY, USA), ITiCSE-WGR '19, 27–52. https://doi.org/10.1145/3344429.3372501.

Lodi, Michael. 2020. "Informatical Thinking." *Olympiads in Informatics* 14: 113–32. https://doi.org/10.15388/ioi.2020.09.

Lodi, Michael, Agnese Del Zozzo, Alberto Montresor, and Giorgia Bissoli. 2026. *Insegnare Informatica - Una guida per docenti del primo ciclo*. Vol. 1.

Lodi, Michael, Violetta Lonati, and Simone Martini. 2025. "Informatica nelle Indicazioni di Matematica: un'opportunità interdisciplinare." In *La Didattica della Matematica con e per la scuola*, edited by Giorgio Bolondi, Bruno D'Amore, and Federica Ferretti. Bonomo Editore.

Lodi, Michael, and Simone Martini. 2021. "Computational Thinking, Between Papert and Wing." *Science & Education* 30 (4): 883–908. https://doi.org/10.1007/s11191-021-00202-5.

Lodi, Michael, and Simone Martini. 2024. "Coding, pensiero computazionale e informatica: quale evoluzione possibile?" *ITADINFO 2024. Secondo Convegno Italiano sulla Didattica dell'Informatica* (Genova), 20–24.

Lodi, Michael, and Simone Martini. 2025a. "Algoritmi, programmi e linguaggi." *Nuova Secondaria* 43 (3): 80–83.

Lodi, Michael, and Simone Martini. 2025b. "Le Notional machine per l'apprendimento della programmazione, anche nell'era dell'AI generativa." In *ITADINFO 2025. Terzo Convegno Italiano sulla Didattica dell'Informatica*, edited by Maria Angela Pellegrino and Veronica Rossano. Ledizioni.

Lodi, Michael, Simone Martini, and Enrico Nardelli. 2017. "Abbiamo davvero bisogno del pensiero computazionale?" *Mondo Digitale*, no. 72: 1–15. https://mondodigitale.aicanet.net/2017-5/articoli/MD72_02_abbiamo_davvero_bisogno_del_pensiero_computazionale.pdf.

Lonati, Violetta, Claudio Mirolo, and Mattia Monga. 2022. "Di cosa parliamo quando parliamo di programmi?" *Mondo Digitale* 20 (97): 1–12.

Lonati, Violetta, and Mattia Monga. 2025. "Rendere concreta l'informazione per elaborarla." *Nuova Secondaria* 43 (3): 74–79.

MIM – Ministero dell'Istruzione e del Merito. 2025. *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*. https://www.mim.gov.it/documents/20182/10554370/curricolo_web.pdf/.

MIUR. 2010. *Decreto 10 settembre 2010, n. 249 – Regolamento concernente la definizione della disciplina dei requisiti e delle modalità della formazione iniziale degli insegnanti*.

Monga, Mattia, Renzo Davoli, Luca Lamanna, and Luca Forlizzi. 2025. "Il concetto di algoritmo nei libri di testo: spunti per una riflessione." In *La Didattica della Matematica con e per la scuola*, edited by Giorgio Bolondi, Bruno D'Amore, and Federica Ferretti. Bonomo Editore.

Nardelli, Enrico, ed. 2020. *Coding e Oltre: L'informatica Nella Scuola*. Lisciani Scuola.

Nardelli, Enrico. 2022. *La Rivoluzione Informatica: Conoscenza, Consapevolezza e Potere Nella Società Digitale*. Themis.

Papert, Seymour. 1980. *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books.

Prodi, Giovanni. 1990. "Quale informatica per la scuola media?" *L'Insegnamento Della Matematica e Delle Scienze Integrate* 13 (4): 355–58. https://www.centromorin.it/home/pubblicazioni/riviste/speciale.asp?cs=2.

Resnick, Mitchel. 2017. *Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity through Projects, Passion, Peers, and Play*. MIT Press. https://doi.org/10.7551/mitpress/11017.001.0001.

Resnick, Mitchel, John Maloney, Andrés Monroy-Hernández, et al. 2009. "Scratch: Programming for All." *Communications of the ACM* 52 (11): 60–67. https://doi.org/10.1145/1592761.1592779.

Sbaraglia, Marco. 2023. "Teaching Informatics to Novices: Big Ideas and the Necessity of Optimal Guidance." PhD thesis, Alma Mater Studiorum – Università di Bologna. https://doi.org/10.48676/unibo/amsdottorato/10914.

The Royal Society. 2017. *After the Reboot: Computing Education in UK Schools*. Royal Society. https://royalsociety.org/topics-policy/projects/computing-education/.

The Royal Society. 2019. *Policy briefing on teachers of computing*. https://royalsociety.org/-/media/policy/Publications/2019/21-08-19-policy-briefing-on-teachers-of-computing.pdf.

Wing, Jeannette M. 2006. "Computational Thinking." *Communications of the ACM* 49 (3): 33–35. https://doi.org/10.1145/1118178.1118215.



Michael Lodi

michael.lodi@unibo.it

Michael Lodi è professore a contratto e borsista di ricerca presso il Dipartimento di Informatica – Scienza e Ingegneria dell'Alma Mater Studiorum – Università di Bologna e membro del Laboratorio CINI "Informatica e Scuola". Studia le difficoltà e le metodologie per l'introduzione alla programmazione, gli aspetti filosofici

dell'Informatica come disciplina scientifica (es. pensiero computazionale, big ideas), e la didattica della crittografia. Insegna a studenti di informatica e di altre discipline, nonché agli insegnanti in abilitazione. Ha fatto parte del nucleo redazionale della proposta CINI di Indicazioni per l'insegnamento dell'informatica nella scuola. Tiene corsi di formazione per docenti e ha tenuto laboratori per bambini e ragazzi. È coautore di materiali didattici e guide per l'informatica nella scuola primaria.



Violetta Lonati

lonati@di.unimi.it

Violetta Lonati è ricercatrice presso il Dipartimento di Informatica dell'Università degli Studi di Milano, dove è tra i fondatori del laboratorio ALaDDIn e del progetto Bebras dell'Informatica, gara di informatica a squadre per le scuole. È membro del Laboratorio CINI "Informatica e Scuola" e ha fatto parte del nucleo redazionale della proposta CINI di Indicazioni per l'insegnamento dell'informatica nella scuola. Svolge attività di ricerca sulla didattica dell'informatica e si occupa di formazione degli insegnanti, temi su cui tiene corsi e collabora con la comunità di ricerca in didattica della matematica.

Calibra: un framework *AI-based* per la personalizzazione dei percorsi formativi

Nicola Illuzzi - Claudio Vergini – Giorgio Tullio De Negri, Progetto Calibra

Sommario

Calibra nasce dall'esigenza di superare la logica della formazione uguale per tutti, proponendo un modello capace di leggere il profilo del discente e tradurlo in scelte didattiche più mirate. La relazione tra caratteristiche del discente e metodo didattico, del resto, è da tempo un tema centrale nella ricerca sull'adattamento dei percorsi formativi (Cronbach e Snow, 1977). Calibra parte da un assessment su life skills, soft skills e learning styles, costruisce un Basic functioning snapshot e lo traduce in un Preferred learning style, inteso come mappa di accessibilità alla formazione. Il contributo descrive l'architettura del modello, la logica white box e i limiti da verificare con futuri studi applicativi.

1. Introduzione

Nella formazione contemporanea è ancora presente l'idea che rendere disponibile un contenuto significhi, quasi automaticamente, renderlo apprendibile; tuttavia, un corso può essere ben scritto, ordinato, persino elegante, eppure restare distante da chi dovrebbe usufruirne: succede a scuola, all'università, nelle aziende, nella formazione professionale. Lo stesso contenuto, proposto nello stesso modo, non produce mai lo stesso effetto su tutti, perché ogni discente possiede conoscenze pregresse, aspettative, motivazioni, tempi cognitivi, vissuti emotivi e modalità di accesso all'informazione differenti. La questione, quindi, non è soltanto la qualità del contenuto, ma il modo in cui quel contenuto incontra (o non incontra) la persona che dovrebbe apprenderlo.

I modelli formativi più diffusi rispondono spesso a una logica precisa: standardizzare, rendere replicabile, distribuire in modo efficiente; è una necessità organizzativa, non un difetto in sé. Il problema nasce quando questa standardizzazione viene scambiata per neutralità: alcune modalità didattiche vengono criticate da tempo proprio perché rischiano di trattare il discente come un destinatario passivo, uguale a ogni altro fruitore, più che come un soggetto che partecipa, con un proprio background, alla costruzione del sapere (Freire, 1970).

A parità di contenuto e di competenza del docente, l'esperienza di apprendimento può cambiare molto. Alcuni discenti hanno bisogno di esempi concreti, altri di una mappa dei contenuti guidata, altri ancora di immagini, simulazioni, confronto o applicazione pratica. Non sempre è una questione di capacità individuale; invece spesso entra in gioco la compatibilità tra la modalità di somministrazione del contenuto e la modalità di apprendimento della persona. Il mezzo, la sequenza, il linguaggio e il formato non sono scelte ovvie, orientano la ricezione e modificano il modo in cui il messaggio viene compreso (McLuhan, 1964).

Questo gap tra contenuto disponibile e contenuto realmente appreso diventa ancora più evidente nei percorsi digitali, modulari o brevi. Nel microlearning, ad esempio, la durata ridotta non garantisce di per sé efficacia: la brevità può essere utile, certo, ma il contenuto può anche diventare una pillola consumata in fretta e dimenticata altrettanto in fretta. La letteratura mostra che, a incidere sui risultati della formazione, sono soprattutto la qualità della progettazione, la coerenza tra obiettivi e formato, la possibilità di applicazione pratica e la capacità del percorso di sostenere l'apprendimento nel tempo (Taylor e Hung, 2022).

Personalizzare significa costruire condizioni più coerenti con il profilo del discente per quanto riguarda formato del contenuto, ordine di presentazione, grado di accompagnamento, esempi, feedback, interazione e verifica. Alcuni discenti possono avere bisogno di passaggi più guidati e spiegazioni progressive, altri di maggiore autonomia, attività pratiche o materiali più sintetici: a personalizzazione non cambia l'obiettivo formativo, ma il modo in cui il discente viene accompagnato a raggiungerlo.

L'intelligenza artificiale può offrire un contributo importante, soprattutto quando aiuta a leggere bisogni formativi, pattern di apprendimento e segnali di fruizione. Tuttavia, i sistemi adattivi basati sull'IA presentano ancora le ben note criticità di meccanismi decisionali poco esplicitati, criteri di personalizzazione non del tutto verificabili e valutazioni spesso concentrate solo su soddisfazione o completamento (Kabudi et al., 2021).

Per questo un modello formativo *AI-based* non dovrebbe limitarsi a adattare contenuti, ma dovrebbe spiegare il come e il perché di quell'adattamento. Un altro rischio inerente l'utilizzo dell'AI riguarda l'uso rigido degli "stili di apprendimento": l'idea che una persona apprenda meglio solo perché il contenuto viene allineato a una categoria predefinita è stata ampiamente discussa e criticata (Pashler et al., 2008).

Il framework *AI-based* per la formazione Calibra interpreta le differenze individuali non come etichette fisse, ma come configurazioni funzionali e modificabili; in altre parole, Calibra inquadra la tipologia di discente, ma è anche in grado di consigliare condizioni alternative che possano facilitare l'accesso al contenuto in una certa fase, per esempio. Calibra personalizza i percorsi formativi attraverso l'analisi integrata di tre macroaree: *life skills*, soft skills e *learning styles*. Non nasce come strumento diagnostico di classificazione dell'utente; è,

piuttosto, un supporto al metodo che prova a leggere come il discente organizza l'esperienza, si relaziona al contesto e accede ai contenuti, proponendo soluzioni per rendere più coerente il rapporto tra profilo individuale e progettazione didattica.

L'assessment iniziale consente di costruire il *Basic functioning snapshot*, una fotografia funzionale e dinamica del discente nel contesto dell'apprendimento. Da qui viene poi elaborato il *Preferred learning style*, inteso non come modalità fissa, ma come mappa orientativa delle condizioni più adatte attraverso cui il contenuto può essere reso più accessibile e applicabile. Il punto decisivo è il passaggio dalla profilazione alla progettazione. È già stato detto, Calibra non mira soltanto a descrivere il discente, ma a tradurre quella descrizione in scelte per l'apprendimento: formato dei contenuti, livello di strutturazione, accompagnamento, peso dell'esperienza pratica, uso di elementi visivi, narrativi, analitici o di riflessione, modalità individuali o di gruppo. Questa impostazione è coerente con i principi della teoria sul carico cognitivo, secondo cui l'efficacia dell'apprendimento dipende anche da come le informazioni vengono organizzate e presentate rispetto alle risorse cognitive disponibili (Sweller et al., 2011).

Un elemento centrale del modello è la logica *white box*: nella didattica basata su dati e IA, raccogliere informazioni sul comportamento del discente è utile solo se quelle informazioni vengono collegate a decisioni progettuali chiare, coerenti e ricostruibili; le *learning analytics*, infatti, non dovrebbero limitarsi a registrare ciò che l'utente fa, ma contribuire a migliorare l'ambiente di apprendimento su più fronti (Ferguson, 2012). La trasparenza non è un dettaglio tecnico, è una condizione metodologica: un sistema che propone un percorso formativo personalizzato senza renderne comprensibile il senso rischia di produrre indicazioni avanzate solo in apparenza. Al contrario, un modello *white box* permette di mantenere il controllo umano, ricostruire le scelte, correggere eventuali distorsioni e migliorare progressivamente la qualità della personalizzazione (Guidotti et al., 2018).

Il framework Calibra è stato sviluppato da Live Connection Srl, in partnership con Top Spin Consulting, nell'ambito delle attività di ricerca applicata e progettazione metodologica collegate al Metodo People; nasce, quindi, all'interno di un percorso più ampio di sperimentazione e formalizzazione di modelli formativi, che mettono al centro il discente, orientati alla personalizzazione e alla traduzione dei dati di assessment in scelte didattiche operative. Calibra rappresenta una specifica evoluzione di People: non si limita a organizzare contenuti o moduli formativi, ma propone un metodo per leggere il profilo funzionale del discente e trasformarlo in indicazioni progettuali tracciabili.

Il contributo rappresenta la prima formalizzazione pubblica di Calibra, sviluppato a partire dall'esperienza maturata dai professionisti di Live Connection Srl e Top Spin Consulting nella progettazione e realizzazione di percorsi formativi professionali e universitari supportati da tecnologie digitali; il framework, tuttavia, non è stato finora oggetto di precedenti pubblicazioni scientifiche. Per questo motivo, l'articolo non intende presentare Calibra come sistema definitivamente validato, bensì come proposta metodologica in fase di sviluppo, costruita per integrare instructional design, intelligenza artificiale e controllo umano all'interno di una logica esplicabile.

Quanto segue descrive Calibra come framework per la personalizzazione *AI-based* della formazione. Verranno analizzati il funzionamento dell'assessment, il ruolo delle tre macroaree – che definiscono la tipologia di informazioni da raccogliere sui fruitori – il passaggio dal *Basic functioning snapshot* al *Preferred learning style* – i due momenti di sintesi nel funzionamento di Calibra – e la funzione del PLS come indicatore di "accessibilità formativa" nella progettazione didattica. Le sezioni successive si soffermano sulla tracciabilità delle scelte del sistema Calibra, sulle modalità di personalizzazione della formazione – che mettono al centro il discente e che distinguono Calibra da altri modelli – e sulla trasversalità (attraverso due esempi molto diversi), sul ruolo dell'IA, per concludere con gli aspetti di originalità del framework, i limiti e gli eventuali sviluppi futuri del lavoro.
L'obiettivo non è presentare un modello definitivamente validato, ma proporre un sistema in evoluzione, pensato per raccordare risorse digitali e centralità del discente.

2. Metodo: criteri di costruzione del modello

L'approccio di questo contributo è essenzialmente descrittivo, non presenta una validazione sperimentale del modello, né una validazione psicometrica dell'assessment; propone, invece, la formalizzazione di un framework *AI-based* per la personalizzazione dei percorsi formativi: prima di misurare l'efficacia di un sistema adattivo, occorre chiarire che cosa adatta, su quali informazioni lavora e con quale logica traduce il profilo del discente in scelte didattiche. Calibra viene quindi descritto come modello applicativo in evoluzione, fondato su assessment, progettazione didattica adattiva, tracciabilità delle decisioni e controllo umano; questa impostazione, all'interno del dibattito sull'intelligenza artificiale nella formazione, non riduce l'IA a mera tecnologia di automazione, ma prova a farne uno strumento capace di ripensare il rapporto tra docente, dati, progettazione, discente e apprendimento (Azevedo et al., 2024).
La letteratura sui sistemi adattivi, inoltre, sottolinea la necessità di rendere espliciti i meccanismi di personalizzazione, perché una tecnologia adattiva ma non spiegabile desta dubbi sul piano metodologico (Xie et al., 2019). La tracciabilità è quindi parte del modello, ogni passaggio deve poter essere ricostruito: la logica *white box* risponde a questa esigenza, cioè evitare che la personalizzazione diventi un output opaco, elegante magari, ma non discutibile. Nei sistemi basati sull'IA l'esplicabilità non ha solo valore tecnico, ha anche valore formativo, perché consente di correggere distorsioni, mantenere il controllo umano e rendere il discente più consapevole del proprio modo di apprendere (Adadi e Berrada, 2018).
La costruzione del modello nasce dall'integrazione di contributi provenienti da pedagogia, instructional design, apprendimento adattivo, intelligenza artificiale applicata alla formazione, e neuroscienze affettive. Le fonti sono state selezionate secondo tre criteri: pertinenza rispetto al concetto di personalizzazione dell'apprendimento e utilità nel sostenere una lettura non diagnostica del profilo del fruitore.
Sul piano della progettazione accessibile, Calibra si pone in continuità con l'Universal Design for Learning, soprattutto per l'attenzione alle diverse modalità di coinvolgimento e presentazione del contenuto (CAST,

2018). Per quest'ultima funzione non si tratta di proporre infinite varianti dello stesso materiale, ma rendere il contenuto raggiungibile attraverso percorsi diversi, senza perderne il valore.
Per la costruzione delle macroaree, il modello utilizza le *life* skills come riferimento educativo generale, ma le rilegge in chiave funzionale. Non interessa misurare "quanto" una persona possieda una competenza; interessa comprendere come pensiero, emozione e reattività partecipino al suo modo di affrontare l'esperienza formativa (World Health Organization, 1994). Le ricerche sul rapporto tra emozione e cognizione mostrano che queste dimensioni partecipano insieme alla selezione e all'organizzazione delle informazioni (Pessoa, 2008). Le soft skills, invece, vengono considerate nelle loro sfumature relazionali: non qualità statiche, ma disposizioni che influenzano il modo in cui il discente si rapporta al compito, al gruppo, al docente e al contesto (Robles, 2012). La terza area riguarda le varie modalità di accesso e di elaborazione dell'esperienza. Qui il modello dialoga con l'apprendimento esperienziale e con i canali di apprendimento, ma senza trasformarli in categorie rigide: l'uso di questi riferimenti è orientativo, non deterministico, serve a descrivere condizioni di accesso al contenuto, non a incasellare il discente dentro un profilo immobile (Kolb, 1984; Fleming, 2001).
Questo articolo non misura ancora l'impatto empirico di Calibra; individua, però, le dimensioni che dovranno essere osservate negli sviluppi successivi: *engagement*, costanza, carico cognitivo, chiarezza percepita, applicabilità e trasferimento in situazioni concrete. La valutazione futura, poi, non dovrà fermarsi al gradimento.

3. Risultati

Il lavoro di Calibra è articolato in tre passaggi principali: assessment del discente, costruzione del *Basic functioning snapshot* e definizione del *Preferred learning style*, una sequenza che distingue raccolta del dato, interpretazione del profilo e scelta formativa. L'assessment raccoglie informazioni sul discente nelle tre macroaree; il BFS organizza tali informazioni in un quadro dinamico e funzionale; il PLS traduce questa lettura in indicazioni operative per la progettazione del percorso formativo.

3.1 Le tre macroaree dell'assessment

Come già accennato, la formalizzazione di Calibra ha individuato tre macroaree come bacino di dati per l'assessment del discente: *life skills*, soft skills e *learning styles*. Le *life skills* vengono intese come dimensioni funzionali del rapporto con l'esperienza e sono ricondotte a tre assi: pensiero, emozione e reattività. Il pensiero riguarda l'organizzazione cognitiva delle informazioni; l'emozione indica il peso della risonanza affettiva nella costruzione del significato; la reattività descrive il modo in cui il soggetto risponde a stimoli, richieste e complessità. In questa impostazione la componente emotiva non viene ignorata e separata dalla cognizione, perché l'apprendimento non è mai soltanto elaborazione razionale di informazioni: emozione,

motivazione, sicurezza percepita e rapporto con il contesto incidono sulla comprensione e sulla disponibilità a proseguire il percorso (Immordino-Yang e Damasio, 2007).

Calibra si avvale delle soft skills, soprattutto, nella loro dimensione relazionale; non sono considerate competenze statiche, ma configurazioni che influenzano il modo in cui il discente si rapporta al contesto formativo: collaborazione o competizione, lavoro individuale o di gruppo, empatia o distanza, flessibilità o rigidità. Non si tratta di scegliere quale polo sia migliore; si tratta, invece, di capire quale setting può sostenere l'apprendimento in quel momento.

La terza macroarea riguarda le modalità di accesso e di elaborazione dell'esperienza. In Calibra i *learning styles* sono interpretati come assetti dinamici, non come categorie definitive; integrano canali di fruizione, modalità esperienziali e livelli di consapevolezza. La distinzione tra esperienza sentita, pensata e pratica permette di leggere l'apprendimento come un processo su più livelli, nel quale componenti affettive, cognitive e operative si intrecciano (Panksepp, 1998).

3.2 *Basic functioning snapshot* e *Preferred learning style*

Il momento centrale è la traduzione del profilo in decisioni sulla didattica. A partire dal *Basic functioning snapshot* e dal *Preferred learning style*, Calibra orienta il metodo, la scelta del formato, della sequenza, del livello di guida, del grado di interazione, delle attività e delle modalità di verifica. La personalizzazione riguarda il modo in cui il discente viene accompagnato verso l'apprendimento. Il contenuto non viene semplificato e impoverito: cambia la forma con cui viene proposto. Il modello prova, dunque, a fare un passo ulteriore rispetto alla formazione più standardizzata, guardando alle differenze individuali non come intralcio alla progettazione, ma come materiale utile per costruire percorsi più accessibili e pertinenti. Un profilo può suggerire maggiore strutturazione del percorso, un altro più spazio applicativo, un altro ancora una mediazione visiva, narrativa, analitica o collaborativa. La funzione del sistema è anche rendere queste scelte più intenzionali e ricostruibili, non sostituire il giudizio del docente o dell'instructional designer.

Il *Basic functioning snapshot* rappresenta il primo momento di sintesi del processo. È una fotografia funzionale e dinamica del modo in cui il discente si pone davanti all'esperienza di apprendimento, non una diagnosi, non un'etichetta. Il BFS descrive il modo in cui la persona tende a rapportarsi al contenuto, al compito, al contesto e alla complessità percepita; la sua utilità sta nel leggere combinazioni, non singole preferenze, nell'individuare quali condizioni sembrano facilitare o ostacolare la fruizione. Una persona può preferire il lavoro individuale, ma trarre beneficio da momenti guidati di confronto; può apparire autonoma, eppure disorientarsi davanti a contenuti poco organizzati: il BFS serve proprio a intercettare queste configurazioni, evitando scorciatoie.

Dal BFS deriva il *Preferred learning style*, che non è un responso definitivo, non viene inteso come "stile di apprendimento" fisso, ma come configurazione orientativa delle condizioni che possono rendere il contenuto più accessibile in una certa fase della formazione. Il modello non stabilisce, quindi, che una persona possa

apprendere solo in un modo; ipotizza, piuttosto, che alcune forme di accesso possano facilitare l'ingresso nel percorso, per poi accompagnare il discente verso modalità più varie e meno abituali.
Il PLS ha anche una funzione metacognitiva: rendere il fruitore più consapevole delle condizioni che facilitano il proprio apprendimento può favorire un ruolo del discente meno passivo e più autoregolato all'interno del suo percorso formativo. La personalizzazione non agisce, quindi, soltanto sulla forma dei contenuti, ma anche sulla capacità della persona di osservare il proprio modo di apprendere (Flavell, 1979).

3.3 Il PLS: "accessibilità formativa" e progettazione didattica

Uno dei risultati più rilevanti del modello è la definizione del PLS come indicatore di "accessibilità formativa": con questa espressione si intende l'insieme delle condizioni attraverso cui il contenuto può essere non solo esposto al discente, ma ricevuto, compreso, elaborato e trasformato in conoscenza. L'accessibilità, dunque, non coincide con la semplice disponibilità del materiale: un contenuto può essere online, aperto, scaricabile, eppure restare poco attraversabile per chi dovrebbe apprenderlo.
L'accesso alla formazione non è uno spazio chiuso, è il punto di ingresso di un percorso in evoluzione. Calibra non sostiene che il discente debba restare nella modalità immediatamente più funzionale; al contrario, il modello può partire da condizioni più favorevoli per accompagnarlo verso forme di apprendimento più complesse, meno abituali o più sfidanti. Il PLS ha quindi una funzione, al tempo stesso, facilitativa, ma anche (meta)formativa, di per sé. Questa idea si collega alla possibilità di modulare il percorso su livelli diversi di esperienza: più immediati e corporei, più simbolici, più riflessivi; l'apprendimento può procedere per immagini, schemi, narrazioni, rielaborazioni, applicazioni non sempre nello stesso ordine.
Il risultato pratico del modello consiste nel passaggio dal profilo alla progettazione didattica. Il PLS, è già stato detto, orienta decisioni relative a formato, sequenza, guida, interazione, applicazione e verifica. Il contenuto mantiene i propri obiettivi, ma viene proposto attraverso forme differenti in base alle condizioni di accessibilità rilevate. Nel concreto, il modello può orientare il percorso verso materiali più strutturati, esempi pratici, simulazioni, mappe, momenti di confronto, esercizi di riflessione o attività di gruppo. La progettazione didattica non viene affidata all'intuizione, ma connessa a informazioni raccolte e interpretate attraverso una logica esplicita. In questo modo Calibra si distingue da un sistema di formazione generico: non suggerisce contenuti sulla base di preferenze superficiali, ma costruisce una relazione tra profilo funzionale, obiettivi formativi e condizioni di fruizione. La personalizzazione diventa parte dell'instructional design, non un vezzo tecnico aggiunto alla fine.

3.4 Tracciabilità degli output

La formalizzazione del framework ha portato anche alla richiesta di output tracciabili. Ogni passaggio deve poter essere ricostruito: informazioni raccolte, dimensioni considerate, sintesi del BFS, definizione del PLS e criteri utilizzati per generare la proposta formativa. Questa tracciabilità consente a docente, progettista e

responsabile della formazione di comprendere perché un percorso sia stato suggerito e, se necessario, di modificarlo.

Gli output sono leggibili anche per il discente; ricevere un feedback sul proprio modo di apprendere può aumentare consapevolezza e partecipazione, perché la tracciabilità sostiene il miglioramento continuo da vari punti di vista: se un percorso produce scarsa adesione, basso coinvolgimento o difficoltà di comprensione, le scelte formative possono essere riviste, perché la relazione tra persona, contesto e formazione è dinamica e va osservata nella loro interazione (Bandura, 1986). Il valore di Calibra non sta solo nell'uso dell'IA, ma nella possibilità di rendere leggibile il rapporto tra assessment, interpretazione di esso e progettazione didattica.

4. Discussione

4.1 Personalizzazione e trasversalità: due esempi

Calibra affronta un problema frequente nella formazione professionale digitale: molti percorsi dichiarano di essere personalizzati, ma spesso la personalizzazione si limita a una selezione dei contenuti operata dal docente per tutti, alla flessibilità dei tempi o a qualche variazione di contenuto per il singolo. Nei contesti digitali si raccolgono molti dati sul comportamento dell'utente: non sempre queste informazioni vengono utilizzate per personalizzare il suo percorso formativo, ma, piuttosto, a fine di marketing. La *learning analytics* acquista valore quando non resta monitoraggio, ma diventa supporto alla comprensione e al miglioramento dell'esperienza di apprendimento (Siemens, 2013). A questo proposito Calibra si colloca nello spazio tra assessment, progettazione e revisione; non osserva soltanto se il discente completa o abbandona un percorso, prova a formulare ipotesi sulle condizioni che rendono quel percorso più o meno accessibile. La personalizzazione diventa così un processo progettuale, non una sterile funzione tecnologica.

Uno degli aspetti più innovativi e significativi di Calibra, poi, risiede nella sua natura trasversale rispetto alla formazione nel suo complesso. Sebbene il framework sia stato pensato, inizialmente, come strumento di supporto nei processi d'apprendimento, il suo principio di funzionamento risulta applicabile a qualsiasi contesto in cui una o più persone debbano trasmettere informazioni, competenze, conoscenze o indicazioni ad altre. Infatti, l'idea alla base di Calibra è che non esiste una comunicazione universalmente o ontologicamente efficace, ma che ogni processo di apprendimento può beneficiare di una maggiore conoscenza delle caratteristiche individuali del destinatario, della sua singolarità. Per questo motivo Calibra si presta ad applicazioni che spaziano dalla formazione universitaria e professionale, fino alla sanità, alla psicologia, alla selezione del personale, all'orientamento e alla consulenza.

Nella fase di assessment agli studenti vengono somministrati questionari finalizzati a esplorare i loro *life skill*, soft skill e *learning styles*. Le *life skill* consentono di rilevare aspetti legati alle modalità di pensiero (*decision making*, etc.), alle modalità emotivo-affettive e alle modalità reattive (problem solving, etc.). Le soft skill permettono, invece, di far emergere le competenze trasversali ai settori professionali di applicazione,

quali comunicazione, empatia, collaborazione, leadership, autonomia. Infine vengono indagate le modalità preferite di apprendimento – per esempio, prevalenza di modalità percettivo-esperienziali o maggiormente riflessive e concettuali – attraverso modelli come il VARK, e ulteriori dimensioni relative alle modalità di elaborazione dell'esperienza e dell'informazione. A partire dalle risposte del questionario, i feedback di come la persona interagisce, si desume il BFS, da cui ricavare un PLS, la modalità di apprendimento più coerente con il proprio BFS.

Si prenda, ad esempio, un docente che deve progettare ed avviare un corso universitario di Medicina rivolto a centoventi studenti:

Fase 1 - Assessment

Prima dell'inizio del corso, gli studenti iscritti ricevono una batteria di domande online attraverso Calibra, accessibile attraverso un Qr code o link. I questionari indagano tre dimensioni principali e raccolgono i dati fondamentali a comprendere le caratteristiche individuali e collettive.

Fase 2 - Profilazione

Calibra elabora i dati raccolti e restituisce al docente una lettura dell'aula. Il sistema evidenzia i profili prevalenti degli studenti, i principali punti di forza, le potenziali criticità e i bisogni formativi emergenti. Ad esempio, il docente può rilevare che il 60% degli studenti presenta una preferenza per l'apprendimento visivo e che risultano poco sviluppate alcune competenze comunicative e collaborative. Oltre alla fotografia della classe nel complesso, Calibra fornisce anche profili individuali consultabili dal docente.

Fase 3 - Adattamento dei contenuti

Sulla base delle informazioni emerse, il docente avrà una maggiore agevolezza nel pianificare e progettare la formazione. Il Professore di Medicina deciderà di integrare le lezioni frontali con mappe concettuali, infografiche e schematizzazioni per adattarsi al PLS prevalente nell'aula. Introdurrà, inoltre, esercitazioni pratiche, simulazioni e discussioni guidate per facilitare il rapporto tra i discenti e il trasferimento delle conoscenze teoriche alla pratica professionale. Per sostenere ulteriormente le competenze relazionali, prevede attività di gruppo e momenti di confronto strutturato. La progettazione didattica viene, quindi, calibrata sulle caratteristiche reali degli studenti anziché su ipotesi generiche: la futura implementazione di Calibra potrà riguardare l'opzione di generare direttamente il materiale didattico, nella forma più adatta al PLS dello studente, lasciando il contenuto più inalterato possibile.

Fase 4 - Esperienza adattiva

Durante lo svolgimento del corso, Calibra potrà raccogliere feedback e dati relativi all'apprendimento, grazie a ulteriori questionari con cui il docente potrà monitorare l'efficacia delle strategie adottate e modificare le forme dei contenuti, i metodi e gli strumenti qualora emergano nuove esigenze. La formazione diventa, così, un processo dinamico e adattivo, nel quale docente e studenti partecipano a un percorso continuamente, appunto, calibrato sulle caratteristiche e sull'evoluzione del gruppo e del singolo, attraverso un modello di didattica personalizzata, flessibile e centrata sul discente.

In ultima analisi, è significativo citare dei campi d'applicazione di Calibra non esplicitamente formativi, ad esempio come il rapporto medico-paziente: in questo caso, Calibra potrebbe supportare sia il professionista sia il paziente nella costruzione di una comunicazione terapeutica maggiormente personalizzata. Attraverso la raccolta di informazioni relative al rapporto con la realtà e alle modalità emotive e comunicative del paziente, il sistema potrebbe aiutare il medico a comprendere come presentare una diagnosi, spiegare una terapia o incoraggiare l'aderenza alle prescrizioni. Si pensi a un paziente che fatica a seguire correttamente le indicazioni terapeutiche per difficoltà, appunto, di natura medica o semplicemente perché è complesso. Calibra si proporrebbe come ponte conoscitivo di supporto nella costruzione della compliance per affrontare anche momenti difficili come il processo di cura. L'analisi effettuata da Calibra potrebbe evidenziare nel paziente, ad esempio, una prevalenza di apprendimento acustico e una maggiore sensibilità agli esempi concreti rispetto alle spiegazioni astratte. Il medico potrebbe quindi integrare la visita con una trasduzione audio delle prescrizioni e posologia, oppure cosa attenzionare per monitorare al meglio lo stato di salute. Per il professionista Calibra può rappresentare uno strumento di riflessione sulle proprie capacità comunicative e di rapporto interumano, delle proprie soft skill, dei propri punti di forza e di debolezza, per tracciare autonomamente, o tramite i professionisti di Calibra, percorsi di approfondimento e sviluppo.
In tale prospettiva Calibra si configura come uno strumento capace di adattare il modo in cui le informazioni vengono trasmesse alle caratteristiche di chi le riceve, aumentando l'efficacia dei processi di apprendimento e sviluppo delle proprie competenze, in una pluralità di contesti professionali.

4.2 Oltre il dato

Il rischio più grande è la trasformazione del profilo in una categoria; Calibra evita questa semplificazione, considerando BFS e PLS come configurazioni dinamiche: non definiscono chi è il discente, ma indicano quali condizioni possono facilitare l'accesso al contenuto in una fase del percorso. Parlare di *Preferred learning style*, quindi, non significa sostenere che una persona possa apprendere efficacemente soltanto in un modo. Significa riconoscere che il rapporto tra persona e contenuto didattico può essere favorito da certe condizioni iniziali. Questa impostazione è coerente con una progettazione formativa attenta alle diverse condizioni e modalità. L'apprendimento richiede struttura, ma anche mediazione, obiettivi chiari, ma anche forme di accesso compatibili con il discente (Gagné, 1985). Calibra aggiorna questa esigenza in chiave *AI-based*, provando a rendere più esplicito il legame tra profilo e scelta didattica.

4.3 Il ruolo dell'IA

Nel modello Calibra, l'intelligenza artificiale non sostituisce il docente, il formatore o l'instructional designer. La tecnologia, da sola, non garantisce nulla, né personalizzazione, né efficacia; conta il modo in cui viene inserita in un modello didattico fondato su regole esplicite, finalità formative e controllo umano. L'IA diventa utile quando aiuta a gestire una complessità che, nei contesti tradizionali, sarebbe difficile sostenere. Un

docente può intuire che discenti diversi abbiano bisogni diversi; spesso, però, non ha strumenti e tempo per trasformare questa intuizione in percorsi differenziati. Calibra interviene su questo punto, raccoglie informazioni, le organizza e orienta le scelte, ma senza prescindere dalla supervisione umana. La logica *white box*, poi, è decisiva: nei sistemi adattivi il rischio non è solo che l'algoritmo sbagli, ma che nessuno riesca a capire perché abbia prodotto una certa soluzione o fino a che punto essa abbia valore. Nella formazione ogni scelta è delicata e può influenzare il modo in cui il discente percepisce il contenuto, le proprie capacità e il rapporto con l'apprendimento; per questo una prospettiva *human-centered* richiede sistemi affidabili, spiegabili e controllabili (Shneiderman, 2020).

Nell'attuale versione di Calibra, per la definizione del *learning style* con relativa clusterizzazione, è stato implementato un algoritmo che unisce un processo *AI-driven* con un processo deterministico di verifica e controllo finale. Il sistema, allo stato attuale, usa chiamate allo LLM Gemini 2.5 Flash, l'intelligenza artificiale di Google, pensata per offrire risposte rapide, costi contenuti e buone prestazioni anche su attività complesse o su larga scala. È progettata per lavorare con bassa latenza e con un utilizzo efficiente dei token, risultando adatto a contesti in cui servono velocità, scalabilità e ottimizzazione delle risorse. Tra i suoi punti di forza ci sono il ragionamento avanzato, che consente di gestire richieste articolate in modo più strutturato, e la capacità multimodale, grazie alla quale può elaborare diversi tipi di input, testi, immagini, audio e video. Per il futuro si sta già analizzando l'utilizzo di ulteriori LLM o sistemi esperti *AI* per traguardare nuove ed ottimizzate *feature* di Calibra.

4.4 Microlearning e formazione professionale

Calibra appare particolarmente adatto ai contesti di microlearning e formazione professionale, dove il tempo è limitato e il discente valuta rapidamente l'utilità del percorso. Nei contesti aziendali la formazione non viene proposta solo per arricchire la conoscenza, ma per risolvere problemi, agire meglio, trasferire nel lavoro ciò che si apprende. In questi contesti la forma del contenuto pesa molto. Il microlearning, se progettato male, rischia di diventare sterile schema dai contenuti brevi e scollegati: la brevità può facilitare l'accesso, ma non garantisce continuità o trasferimento di conoscenze. In ambito professionale, inoltre, la personalizzazione può incidere sulla prosecuzione: un percorso percepito come distante, troppo astratto o poco legato al proprio contesto può essere abbandonato anche se il contenuto è valido. Al contrario, un percorso che entra rapidamente in relazione con il modo in cui il discente comprende e applica può favorire coinvolgimento e continuità; nella didattica asincrona ciò conta ancora di più.

4.5 Accessibilità formativa e implicazioni operative

Il concetto di accessibilità formativa è importante per il modello. Tradizionalmente, l'accessibilità nella formazione viene associata alla possibilità materiale di accedere a un contenuto o alla rimozione di barriere tecniche. Calibra amplia la prospettiva: un contenuto è davvero accessibile quando può essere compreso,

elaborato, trasformato in conoscenza e applicato dal discente. Questa impostazione sposta il focus dalla disponibilità del sapere alla sua fruibilità effettiva. Un materiale può essere online, aperto e ben confezionato, ma risultare comunque poco utile se la forma non incontra le condizioni del discente. Il PLS diventa allora uno strumento per individuare un punto di ingresso più adatto, senza ridurre la complessità e senza rinunciare agli obiettivi del percorso didattico.

Le implicazioni operative dell'obiettivo dell'accessibilità riguardano docenti, progettisti e organizzazioni. Per il docente Calibra può offrire un supporto alla differenziazione delle modalità della didattica; per l'instructional designer una base per costruire percorsi modulari e adattivi; per le organizzazioni uno strumento per rendere la formazione più pertinente e valutabile. Calibra può, quindi, rendere più intenzionali queste scelte: non solo distribuire contenuti, ma suggerire quale forma possa rendere quel contenuto più accessibile per quel profilo e in quel contesto.

5. Limiti e sviluppi futuri

Il contributo guarda a Calibra come proposta di metodo, non come modello definitivamente validato. Il primo limite riguarda, dunque, la natura descrittiva del lavoro. La struttura del modello, il passaggio dal *Basic functioning snapshot* al *Preferred learning style* e, quindi, la traduzione del profilo in indicazioni didattiche sono stati formalizzati sul piano teorico, ma richiedono verifiche empiriche per valutarne stabilità, affidabilità e impatto sugli esiti formativi.

Un secondo limite riguarda le tre macroaree dell'assessment: sarà necessario verificare quanto *life skills*, soft skills e *learning styles* siano capaci di descrivere configurazioni realmente funzionali alla progettazione didattica. Occorrerà capire, ad esempio, se i pattern individuati restano stabili nel tempo, se cambiano in base al contenuto e se possono essere effettivamente aggiornati attraverso l'interazione con il percorso. Per il PLS, definito indicatore orientativo di accessibilità formativa e non categoria rigida, serviranno criteri interpretativi chiari, capaci di evitare usi impropri del profilo.

Anche la capacità predittiva del modello dovrà essere verificata: Calibra ipotizza che una maggiore coerenza tra profilo, formato dei contenuti e struttura del percorso possa favorire *engagement*, comprensione, adesione e sintesi applicativa, ma questa ipotesi va testata con studi pratici, campioni più ampi, contesti differenti e misure non limitate al gradimento.

La valutazione futura dovrebbe integrare indicatori comportamentali, feedback soggettivi e prove applicative: accesso al percorso formativo, completamento dello stesso, ritorno dopo interruzioni, chiarezza percepita, carico cognitivo e trasferimento delle conoscenze in situazioni concrete dovranno essere letti insieme al disegno iniziale del profilo del discente. La *learning analytics*, infatti, diventa utile solo quando collega i dati raccolti a informazioni sull'apprendimento del fruitore e a scelte didattiche significative (Long e Siemens, 2011).

Resta, poi, il tema dell'intelligenza artificiale: anche se Calibra è impostato secondo una logica *white box*, la componente AI dovrà essere governata con criteri di trasparenza, protezione dei dati, controllo umano e aggiornamento responsabile. Ogni decisione automatizzata o semi-automatizzata dovrà essere ricostruibile, soprattutto quando incide sulla proposta formativa rivolta al discente.
Gli sviluppi futuri dovranno quindi muoversi in quattro direzioni: validazione dell'assessment, verifica costante del PLS, costruzione di metriche miste e affinamento della logica *white box*.

6. Conclusioni

Calibra propone un modello di personalizzazione formativa fondato su un'idea semplice, ma non banale: l'apprendimento non dipende solo dalla qualità del contenuto, ma anche dalla relazione tra contenuto, forma, contesto e modalità individuali di accesso alla conoscenza. La formazione, in questa prospettiva, non è mera trasmissione di informazioni, ma un processo nel quale il discente interpreta, organizza e trasforma l'esperienza.
Il contributo originale di Calibra emerge con maggiore chiarezza se il modello viene confrontato con alcune famiglie di sistemi già analizzati nella letteratura sulla personalizzazione formativa. I sistemi di *adaptive learning* e *personalized learning* hanno contribuito a superare la rigidità dei percorsi uguali per tutti, utilizzando dati relativi a preferenze, risultati, caratteristiche e comportamenti di fruizione per adattare contenuti, attività o sequenze didattiche (Xie et al., 2019; Kabudi et al., 2021). Gli *Intelligent Tutoring Systems*, invece, sono orientati a fornire istruzione individualizzata, feedback e supporto sulla base di rappresentazioni strutturate delle conoscenze, delle caratteristiche e delle difficoltà del discente, aggiornate in relazione ai progressi compiuti durante il percorso (Ma et al., 2014; Mousavinasab et al., 2021). I sistemi di selezione e proposta personalizzata applicati al *Technology Enhanced Learning* aiutano a selezionare risorse, materiali o attività ritenute più pertinenti per l'utente, mentre l'Universal Design for Learning offre un riferimento importante per progettare ambienti digitali e contenuti accessibili a una pluralità di discenti (Manouselis et al., 2013; CAST, 2018).
Calibra si colloca in continuità con questi approcci, ma non coincide pienamente con nessuno di essi. La sua originalità non risiede soltanto nell'adattamento del contenuto, né nella produzione di risorse per la formazione, né nella sola analisi dei comportamenti registrati in piattaforma. Il punto distintivo è la costruzione di un modello metodologico che collega assessment iniziale del profilo del fruitore, *Basic functioning snapshot*, *Preferred learning style* e scelte didattiche tracciabili. In altri termini, Calibra non si limita a proporre un certo contenuto a un certo discente, ma prova a rispondere a una domanda più ampia: attraverso quali condizioni progettuali questo contenuto può diventare più accessibile, comprensibile e applicabile per questo profilo, in questa fase del percorso? Il contributo principale del modello consiste, dunque, nel collegare assessment e progettazione. Attraverso il BFS e il PLS, Calibra prova a individuare condizioni che possono rendere il contenuto più accessibile, comprensibile e applicabile in relazione

all'individuazione del profilo del discente. Il profilo non viene usato come etichetta, ma come strumento orientativo per modulare formato, sequenza, guida, interazione, etc.

Un secondo elemento di originalità riguarda il modo in cui viene interpretato il profilo del discente. Nei sistemi adattivi il rischio è che la personalizzazione si trasformi in classificazione: l'utente viene associato a un cluster, a una preferenza o a un pattern di comportamento e riceve contenuti coerenti con quella categoria. Calibra, invece, interpreta BFS e PLS come configurazioni funzionali e dinamiche, non come etichette stabili. Il PLS non definisce ciò che il discente "è", ma individua condizioni di accessibilità formativa che possono facilitare l'ingresso nel percorso e che possono essere aggiornate, corrette o ampliate nel tempo.

Un aspetto importante in Calibra è che l'IA non opera come semplice motore di automazione, ma come supporto alla lettura del profilo e alla produzione di indicazioni progettuali, in cui docente e instructional designer restano i principali responsabili della supervisione, della validazione e dell'eventuale modifica delle scelte suggerite dal sistema. Calibra non può sostituire docente, formatore o instructional designer; offre piuttosto uno strumento di supporto alla progettazione, in cui l'AI svolge una funzione di potenziamento: il valore del modello non sta nella tecnologia in sé, ma nella possibilità di usarla per rendere più consapevole e adattivo il rapporto tra discente e percorso di apprendimento.

Infine, Calibra assume la logica *white box* come scelta integrante del modello: la tracciabilità diventa una condizione metodologica, non un optional tecnico. La personalizzazione formativa, soprattutto quando supportata dall'IA, deve poter essere spiegata e i suoi passaggi ricostruiti; per questo il framework attribuisce valore non solo all'efficacia dell'output, ma anche alla trasparenza del processo che lo produce. Il contributo originale del modello consiste, quindi, nell'integrare personalizzazione, accessibilità formativa, progettazione didattica e tracciabilità delle scelte in un'architettura unica. Questa integrazione permette di distinguere ulteriormente Calibra da altri sistemi adattivi di distribuzione personalizzata di contenuti didattici.

In conclusione, Calibra rappresenta una proposta metodologica per superare la formazione uguale per tutti, senza cadere in una personalizzazione opaca o riduttiva. Il suo obiettivo non è adattare il sapere alle preferenze immediate del discente, ma costruire condizioni più favorevoli perché ogni persona possa accedere al contenuto, comprenderlo, applicarlo e ampliare progressivamente il proprio modo di apprendere.

Bibliografia

Adadi, A., & Berrada, M. (2018). Peeking inside the black-box: A survey on explainable artificial intelligence (XAI). IEEE Access, 6, 52138-52160. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2870052

Azevedo, R., Città, G., Gentile, M., & Ifenthaler, D. (2024). Editorial. Artificial Intelligence and the paradigm shift of teachers' role. Italian Journal of Educational Technology, 32 (1), 5-7. https://doi.org/10.17471/2499-4324/1358

Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action: A social cognitive theory. Prentice-Hall.

CAST. (2018). Universal Design for Learning Guidelines version 2.2. CAST.

Cronbach, L. J., & Snow, R. E. (1977). Aptitudes and instructional methods: A handbook for research on interactions. Irvington Publishers.

Ferguson, R. (2012). Learning analytics: Drivers, developments and challenges. International Journal of Technology Enhanced Learning, 4 (5/6), 304-317. https://doi.org/10.1504/IJTEL.2012.051816

Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. American Psychologist, 34 (10), 906-911. https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906

Fleming, N. D. (2001). Teaching and learning styles: VARK strategies. N.D. Fleming.

Freire, P. (1970). Pedagogy of the oppressed. Continuum.

Gagné, R. M. (1985). The conditions of learning and theory of instruction (4th ed.). Holt, Rinehart and Winston.

Guidotti, R., Monreale, A., Ruggieri, S., Turini, F., Giannotti, F., & Pedreschi, D. (2018). A survey of methods for explaining black box models. ACM Computing Surveys, 51 (5), 93. https://doi.org/10.1145/3236009

Hwang, G. J., Xie, H., Wah, B. W., e Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of Artificial Intelligence in Education. Computers and Education: Artificial Intelligence, 1, 100001. doi:10.1016/j.caeai.2020.100001

Immordino-Yang, M. H., & Damasio, A. (2007). We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. Mind, Brain, and Education, 1 (1), 3-10. https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2007.00004.x

Kabudi, T., Pappas, I., & Olsen, D. H. (2021). AI-enabled adaptive learning systems: A systematic mapping of the literature. Computers and Education: Artificial Intelligence, 2, 100017. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100017

Kapp, K. M., & DeFelice, R. A. (2019). Microlearning: Short and sweet. Association for Talent Development.

Kolb, D. A. (1984). Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Prentice Hall.

Long, P., & Siemens, G. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. EDUCAUSE Review, 46 (5), 30-40.

Ma, W., Adesope, O. O., Nesbit, J. C., e Liu, Q. (2014). Intelligent tutoring systems and learning outcomes: A meta-analysis. Journal of Educational Psychology, 106(4), 901-918. doi:10.1037/a0037123

Manouselis, N., Drachsler, H., Verbert, K., e Duval, E. (2013). Recommender Systems for Learning. Springer. doi:10.1007/978-1-4614-4361-2

Mayer, R. E. (2009). Multimedia learning (2nd ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678

McLuhan, M. (1964). Understanding media: The extensions of man. McGraw-Hill.

Mousavinasab, E., Zarifsanaiey, N., Niakan Kalhori, S. R., Rakhshan, M., Keikha, L., e Ghazi Saeedi, M. (2021). Intelligent tutoring systems: A systematic review of characteristics, applications, and evaluation methods. Interactive Learning Environments, 29(1), 142-163. doi:10.1080/10494820.2018.1558257

Panksepp, J. (1998). Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotions. Oxford University Press.

Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2008). Learning styles: Concepts and evidence. Psychological Science in the Public Interest, 9 (3), 105-119. https://doi.org/10.1111/j.1539-6053.2009.01038.x

Pessoa, L. (2008). On the relationship between emotion and cognition. Nature Reviews Neuroscience, 9 (2), 148-158. https://doi.org/10.1038/nrn2317

Robles, M. M. (2012). Executive perceptions of the top 10 soft skills needed in today's workplace. Business Communication Quarterly, 75 (4), 453-465. https://doi.org/10.1177/1080569912460400

Shneiderman, B. (2020). Human-centered artificial intelligence: Reliable, safe & trustworthy. International Journal of Human-Computer Interaction, 36 (6), 495-504. https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1741118

Siemens, G. (2013). Learning analytics: The emergence of a discipline. American Behavioral Scientist, 57 (10), 1380-1400. https://doi.org/10.1177/0002764213498851

Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Cognitive load theory. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4

Taylor, A. D., & Hung, W. (2022). The effects of microlearning: A scoping review. Educational Technology Research and Development, 70 (2), 363-395. https://doi.org/10.1007/s11423-022-10084-1

World Health Organization. (1994). Life skills education for children and adolescents in schools. World Health Organization.

Xie, H., Chu, H.-C., Hwang, G.-J., & Wang, C.-C. (2019). Trends and development in technology-enhanced adaptive/personalized learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2017. Computers & Education, 140, 103599. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103599



Nicola Illuzzi

nicolailluzziroma@gmail.com

Nicola Illuzzi è odontoiatra e libero professionista a Roma. È Consigliere della Commissione Albo Odontoiatri dell'Ordine dei Medici Chirurghi e degli Odontoiatri di Roma e componente della Commissione Telemedicina e Intelligenza Artificiale dello stesso Ordine. Svolge attività di docenza, direzione e coordinamento scientifico nell'ambito di percorsi universitari e post-universitari. È Direttore del Master in Instructional Design dell'Università San Raffaele Roma e si occupa di innovazione sanitaria, comunicazione professionale e integrazione tra formazione, tecnologie digitali e intelligenza artificiale.



Claudio Vergini

Claudio Vergini è imprenditore digitale con oltre trent'anni di esperienza nell'innovazione formativa e tecnologica. Ha costruito il proprio percorso all'intersezione tra eLearning, tecnologie educative e trasformazione digitale dei sistemi di apprendimento. Ha ricoperto ruoli di direzione didattica e

coordinamento strategico, guidando progetti complessi per imprese, Pubbliche Amministrazioni e organizzazioni nazionali, con crescente attenzione alle soluzioni AI-driven.



Giorgio Tullio De Negri

Giorgio Tullio De Negri è Psicologo e Psicoterapeuta, iscritto all'Ordine degli Psicologi del Lazio (n. 22660). Ha maturato esperienza clinica nell'ambito dell'infanzia, dell'adolescenza e dell'età adulta, occupandosi di sostegno psicologico e psicoterapia con approccio psicodinamico. Nel suo lavoro ha integrato strumenti digitali, tecnologici e videoludici come risorse terapeutiche e comunicative, utilizzandoli per favorire l'espressione emotiva, la relazione e il coinvolgimento dei pazienti. Si occupa di ansia, depressione, difficoltà relazionali e percorsi di crescita personale, svolgendo attività sia in presenza che online.

ICDL Intelligenza Artificiale: la prima certificazione italiana sulla AI Literacy

Antonella Fancello, AICA

Sommario

Dal 1961 AICA accompagna cittadini, studenti e professionisti italiani nel loro percorso di alfabetizzazione digitale. Con il Syllabus ICDL Intelligenza Artificiale 2.0, l'Associazione lancia la prima certificazione italiana dedicata all'AI Literacy, rispondendo agli obblighi introdotti dall'articolo 4 del Regolamento europeo sull'intelligenza artificiale (AI Act), dalla prima legge italiana sull'IA (L. 132/2025) e dagli orientamenti di UNESCO e Ministero del Lavoro. L'articolo illustra il quadro normativo e storico che ha reso questa certificazione necessaria e analizza le cinque sezioni del Syllabus 2.0, che coprono i fondamenti dell'IA, le sue applicazioni pratiche, i rischi e l'etica, gli strumenti generativi e le tecniche di base di prompt engineering. L'AI Literacy è intesa non come competenza tecnica ma come competenza civica democratica: prerequisito universale per esercitare consapevolmente i propri diritti nell'era degli algoritmi.

Parole chiave: *AI Literacy, AICA, ICDL, certificazione digitale, AI Act, competenze digitali, intelligenza artificiale, cittadinanza digitale, prompt engineering, IA generativa*

1. L'eredità di una missione lunga sessant'anni

Dal calcolo automatico all'algoritmo autonomo, in un lungo viaggio che attraversa la terza e la quarta rivoluzione industriale, AICA – Associazione Italiana per l'Informatica ed il Calcolo Automatico – accompagna da oltre sessant'anni la scuola e il mondo delle professioni nella crescita e nello sviluppo di una cittadinanza digitale consapevole. Fondata nel 1961, l'Associazione ha saputo dare il proprio contributo ad ogni svolta tecnologica, mantenendo invariato il proprio mandato: rendere accessibili le competenze digitali all'intera collettività, senza distinzioni di età, professione o background culturale.

In piena terza rivoluzione industriale – quella che a partire dagli anni Sessanta ha visto la progressiva diffusione dei personal computer e poi della rete internet – con la Patente Europea dell'Informatica (ECDL,

oggi ICDL), la missione di AICA è stata quella di certificare le competenze digitali di base e diffondere consapevolezza su un utilizzo sicuro della rete e degli applicativi per l'automazione d'ufficio. Milioni di italiani hanno conseguito la certificazione ECDL/ICDL: studenti che cercavano un titolo spendibile nel mercato del lavoro, lavoratori che dovevano riqualificarsi, dipendenti pubblici chiamati ad ammodernare le proprie pratiche amministrative, anziani che volevano partecipare attivamente alla vita digitale della comunità.

Quel percorso ha lasciato un'impronta profonda nel sistema formativo italiano. Ha dimostrato che la certificazione delle competenze digitali non è soltanto uno strumento di valutazione individuale, ma un vettore di politica pubblica capace di innalzare il livello medio di alfabetizzazione tecnologica di un Paese. Ha costruito una rete capillare di Test Center distribuiti su tutto il territorio nazionale – scuole, università, centri di formazione professionale – che ha reso la certificazione accessibile anche alle aree geograficamente periferiche e alle fasce di popolazione più lontane dai centri di innovazione.

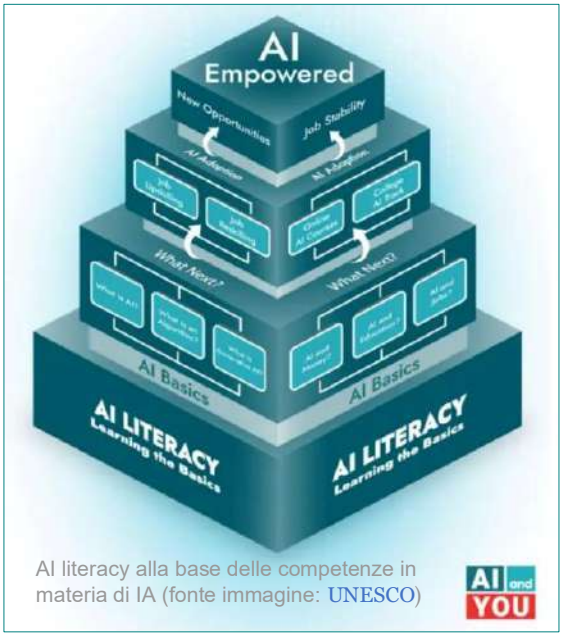
Oggi siamo in piena quarta rivoluzione industriale, quella dei dati: mai così tanti, rilasciati da tutti gli oggetti connessi alla rete (IoT, Internet of Things), processati da sistemi di Big Data e di intelligenza artificiale basati su Machine Learning e Deep Learning che dalla grossa mole di dati traggono 'conoscenza' per 'imparare' a generare nuovo valore, grazie a una potenza di calcolo senza precedenti. In questo scenario radicalmente trasformato, AICA ha scelto di investire il proprio know-how su una nuova missione che sente come non derogabile: diffondere e certificare l'AI Literacy, l'alfabetizzazione all'intelligenza artificiale.

Non si tratta di un cambio di direzione, ma di una continuità di missione che si adatta ai tempi. Trent'anni fa AICA accompagnava cittadini e professionisti nei loro primi passi con i personal computer. Vent'anni fa li guidava nella comprensione di internet. Oggi la sfida è di un'altra portata: non si tratta più di imparare a usare uno strumento, ma di capire che cosa succede quando deleghiamo uno strumento a prendere decisioni al nostro posto. È una sfida che riguarda non soltanto i programmatori e gli esperti di tecnologia, ma ogni persona che interagisce con un sistema digitale – che sia il robottino che pulisce autonomamente casa, l'algoritmo che ha deciso se si deve ottenere o meno un prestito bancario, o il sistema di raccomandazione che seleziona le notizie che appariranno nel feed mattutino.

1.1 Il contesto normativo: quando la legge incontra la formazione

La scelta di AICA di investire sull'AI Literacy non nasce soltanto da una visione strategica interna, ma risponde a un preciso mandato normativo che negli ultimi anni ha assunto contorni sempre più definiti a livello europeo e nazionale.

Il 1° agosto 2024 è entrato in vigore il Regolamento europeo sull'intelligenza artificiale, noto come AI Act (Regolamento UE 2024/1689). Si tratta del primo quadro normativo completo al mondo dedicato specificamente all'intelligenza artificiale, e il suo articolo 4 introduce un obbligo che non ha precedenti nel panorama regolatorio tecnologico: tutti coloro che sviluppano, distribuiscono o utilizzano sistemi di intelligenza artificiale devono possedere un livello adeguato di competenze, conoscenze e comprensione dei sistemi che usano. Non è una raccomandazione né un obiettivo programmatico: è un obbligo giuridico vincolante per tutti i ventisette Paesi membri dell'Unione Europea. L'obbligo di AI Literacy sancito dall'articolo 4 dell'AI Act si inserisce in una logica più ampia: quella di rendere responsabili non soltanto i produttori dei sistemi di IA, ma anche chi li mette in campo e chi ne è utente finale. Il Regolamento riconosce che un sistema di intelligenza artificiale, per quanto tecnicamente sofisticato, non è neutro: le sue decisioni hanno impatti reali sulle vite delle persone, e chi è coinvolto nel suo utilizzo – a qualunque livello della filiera – ha la responsabilità di capire come funziona, quali dati usa, quali errori può commettere, quali diritti ha l'utente nei suoi confronti.



AI literacy alla base delle competenze in materia di IA (fonte immagine: UNESCO)

A livello nazionale, il 10 ottobre 2025 è entrata in vigore la prima legge italiana sull'intelligenza artificiale (Legge 23 settembre 2025, n. 132), che recepisce e integra il quadro europeo, ribadendo la centralità della formazione come strumento di attuazione degli obblighi in materia di AI Literacy.

Parallelamente, il framework UNESCO sull'etica dell'intelligenza artificiale (Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence, 2021) identifica l'alfabetizzazione all'IA come un prerequisito universale per l'esercizio dei diritti umani nell'era degli algoritmi, sottolineando come l'accesso iniquo a queste competenze rischi di produrre un nuovo 'digital divide' che va ben oltre la semplice mancanza di connettività. Le Linee guida del Ministero del Lavoro italiano inseriscono l'AI Literacy tra le competenze da promuovere nella formazione continua dei lavoratori e nelle politiche attive per l'occupazione, riconoscendo che la transizione verso un mercato del lavoro permeato dall'intelligenza artificiale richiede un accompagnamento formativo sistematico e non occasionale.

Tab. 1 – Quadro normativo e istituzionale di riferimento per l'AI Literacy

Fonte normativa / istituzionale	Riferimento principale	Rilevanza per l'AI Literacy
AI Act UE (Reg. 2024/1689)	Art. 4 – Obbligo di AI Literacy	Impone a fornitori, deployers e utenti dei sistemi IA un livello adeguato di

Fonte normativa / istituzionale	Riferimento principale	Rilevanza per l'AI Literacy
		competenze e consapevolezza sui sistemi che utilizzano
Legge italiana sull'IA (L. 132/2025)	Art. 4, 5, 9 – Promozione dell'AI literacy	Prima legge italiana sulla IA, in vigore dal 10 ottobre 2025; ribadisce l'obbligo formativo
UNESCO – Recommendation on AI Ethics (2021)	Framework globale per l'AI Literacy	Identifica l'alfabetizzazione all'IA come prerequisito universale per l'esercizio dei diritti umani nell'era degli algoritmi
Ministero del Lavoro	Linee guida sulle competenze digitali nei CCNL	Inseriscono l'AI literacy tra le competenze da promuovere nella formazione continua dei lavoratori e nelle politiche attive
DigComp 3.0 (Commissione Europea, 2022)	Integrazione trasversale dell'IA nelle aree del framework	Supera la logica della competenza IA come modulo isolato: l'intelligenza artificiale diviene tecnologia abilitante trasversale a tutta la cittadinanza digitale

Fonte: elaborazione dell'autrice

1.2 La risposta di AICA: la prima certificazione italiana di AI Literacy

È in questo quadro normativo e culturale che AICA, in collaborazione con la Fondazione ICDL (l'organismo internazionale che gestisce le certificazioni ICDL nel mondo), ha sviluppato e lanciato il Syllabus ICDL Intelligenza Artificiale versione 2.0: la prima certificazione italiana esplicitamente dedicata all'AI Literacy.

Non è la prima volta che AICA certifica competenze legate all'intelligenza artificiale. Aveva già sviluppato con la Fondazione ICDL una prima versione del Syllabus 'AI – Artificial Intelligence', che copriva i fondamenti dell'intelligenza artificiale tradizionale. Aveva integrato temi di IA nel Syllabus sulla Cittadinanza Digitale. Aveva inserito l'intelligenza artificiale nelle più recenti certificazioni DigComp 2.2 e DigCompEdu. Ma il nuovo Syllabus 2.0 rappresenta un salto qualitativo rispetto a tutto ciò che lo precede.

La ragione è storica: il novembre 2022 ha segnato una discontinuità profonda nel panorama dell'intelligenza artificiale. Il lancio di ChatGPT e la successiva proliferazione di sistemi basati su Large Language Models (LLM) e intelligenza artificiale generativa hanno portato l'IA fuori dai laboratori e dalle imprese tecnologiche, mettendola nelle mani di decine di milioni di persone comuni nel giro di pochi mesi. Quella che gli esperti chiamano una trasformazione 'disruptive' – così rilevante è stato l'impatto generato nel mondo delle professioni – ha reso obsoleta ogni formazione sull'IA che non tenesse conto di questo universo di strumenti generativi, dei loro meccanismi, delle loro potenzialità e, soprattutto, dei loro rischi.

Nel tempo in cui (giugno 2026) i contenuti prodotti dalle macchine hanno già superato in rete quelli generati da esseri umani, Stanford ci dice che in soli tre anni, l'IA generativa è usata dal 53% della

popolazione mondiale, un ritmo più veloce di quello della diffusione del PC e di internet (Stanford University, AI Index Report 2026).

Il Syllabus ICDL Intelligenza Artificiale 2.0 nasce quindi come risposta strutturata a questa trasformazione: un programma formativo articolato in cinque sezioni che copre l'intera traiettoria della comprensione dell'IA, dalle basi teoriche all'uso pratico degli strumenti generativi, con una fortissima attenzione ai temi etici, di sicurezza e di responsabilità individuale e collettiva.

2. L'AI Literacy come competenza civica: perché non è una questione tecnica

Prima di entrare nell'analisi delle cinque sezioni del Syllabus, vale la pena soffermarsi su una riflessione concettuale che costituisce il filo conduttore dell'intera certificazione: l'AI Literacy non è una competenza tecnica. È una competenza civica.

La distinzione è fondamentale e va spiegata con chiarezza, perché rischia di essere fraintesa. Affermare che l'AI Literacy è una competenza civica non significa che chi la possiede sappia programmare algoritmi, addestrare modelli di machine learning o ottimizzare architetture di reti neurali. Significa qualcosa di più profondo: che una persona sa riconoscere quando sta interagendo con un sistema di intelligenza artificiale, conosce i diritti che ha nei confronti di quel sistema, è capace di valutare criticamente le sue risposte invece di subirle passivamente e comprende le implicazioni di quelle interazioni sulla propria vita, sulla vita delle altre persone e sulla società nel suo complesso.

L'analogia più precisa è con la capacità di leggere. Saper leggere non significa saper scrivere romanzi né comprendere la sintassi profonda della lingua: significa avere accesso al significato dei testi che ci circondano, poter partecipare alla vita sociale e culturale della propria comunità, esercitare il pensiero critico di fronte alle informazioni che riceviamo. L'analfabetismo funzionale – la condizione di chi sa tecnicamente decifrare le lettere ma non comprende il significato di ciò che legge – esclude le persone dalla piena cittadinanza. Allo stesso modo, la mancanza di AI Literacy produce una forma di "analfabetismo digitale" che esclude le persone dalla comprensione del mondo in cui già viviamo.

Ogni interazione che abbiamo con sistemi 'intelligenti' è anche una scelta di responsabilità. Possiamo accettare, correggere, riformulare, fermare l'output di un sistema di IA, dovendo sempre tenere a mente che questi sistemi possono sbagliare in modo silenzioso e spesso in maniera coinvolgente. Questa consapevolezza non è un vezzo per esperti: è una necessità democratica. Più persone capiscono come funzionano questi sistemi, più le scelte collettive che li riguardano – come regolarli, come usarli nelle scuole e negli ospedali, come proteggersi dai loro abusi – saranno davvero informate e partecipate.

L'AI Literacy, come la certificazione ICDL Intelligenza Artificiale 2.0 la intende, è quindi una risposta culturale a una trasformazione strutturale. È il riconoscimento che vivere e lavorare nell'era dell'intelligenza artificiale richiede nuove forme di consapevolezza: sapere quando si sta interagendo con

un sistema automatizzato, capire su quali dati si basa, saper valutare e se necessario riformulare le sue conclusioni e farlo senza delegare in modo cieco, dando sempre il valore che le compete alla responsabilità umana del giudizio, della scelta e della decisione.

3. Il Syllabus ICDL Intelligenza Artificiale 2.0: struttura e contenuti

Il Syllabus ICDL Intelligenza Artificiale 2.0 è strutturato in cinque sezioni tematiche, ciascuna delle quali approfondisce una dimensione fondamentale della relazione tra le persone e i sistemi di intelligenza artificiale. Il percorso ha una logica progressiva: si parte dalla comprensione dei fondamenti per arrivare all'uso pratico degli strumenti, sempre con un filo conduttore etico che attraversa tutte le sezioni. La certificazione è progettata per il 'pubblico di un modulo ICDL Core': adatta a tutti i cittadini, incluso il mondo della scuola, non presuppone competenze tecniche pregresse.

Tab. 2 – Struttura del Syllabus ICDL Intelligenza Artificiale 2.0

Sezione	Titolo	Aree tematiche principali
1	Comprendere i sistemi di IA	Definizione di IA, ML, Deep Learning; foundation model; IA generativa; agenti autonomi; AI Literacy come competenza civica
2	Applicazioni pratiche dell'IA	Domotica, trasporti, pubblica amministrazione, istruzione, sanità, finanza, industrie creative, ricerca scientifica
3	Rischi, buone pratiche ed etica	Privacy, sicurezza, bias algoritmico, deepfake, disinformazione, responsabilità, impatto sociale e ambientale
4	Strumenti di IA generativa	Generatori di testo, immagini, audio, video e codice; sistemi RAG; criteri di selezione; configurazione degli account
5	Basi di Prompt engineering e uso dei risultati	Tecniche di prompt, layering, zero-shot, few-shot, Chain of Thought, prompt chaining; rifinitura e condivisione degli output

Fonte: Syllabus ICDL Intelligenza Artificiale 2.0, AICA 2026

3.1 Sezione 1 – Comprendere i sistemi di intelligenza artificiale

La prima sezione del Syllabus pone le fondamenta concettuali dell'intero percorso. Il suo obiettivo non è quello di formare tecnici informatici, ma di fornire a qualunque persona – indipendentemente dal suo background educativo – gli strumenti concettuali minimi per capire cos'è l'intelligenza artificiale, come



funziona nei suoi principi essenziali e come si differenzia da altri tipi di software.

La sezione introduce la distinzione tra i tre livelli evolutivi dell'intelligenza artificiale: l'IA ristretta (o narrow AI), che è quella con cui interagiamo ogni giorno, eccellente in compiti specifici come il riconoscimento facciale o la traduzione automatica; l'IA generale (AGI, Artificial General Intelligence), un sistema ipotetico ancora non realizzato e spesso rilanciato come concreto dai grandi player del settore AI, capace di ragionare su qualunque dominio come un essere umano; e la superintelligenza artificiale, uno scenario ancora teorico ma oggetto di intenso dibattito etico e scientifico. Questa distinzione è importante perché aiuta le persone a calibrare le proprie aspettative e i propri timori: molto di ciò che viene presentato nei media come 'intelligenza artificiale generale' è nella realtà IA ristretta, con capacità straordinarie in ambiti specifici ma senza alcuna forma di comprensione o coscienza generale.

Un aspetto particolarmente rilevante della sezione riguarda il funzionamento tecnico di base dei sistemi di IA. Il Syllabus descrive i tre ingredienti fondamentali di qualsiasi sistema intelligente – i dati (la materia prima), gli algoritmi (le istruzioni di elaborazione) e i modelli (la rappresentazione interna che il sistema costruisce per generalizzare) – e introduce i concetti di apprendimento automatico (machine learning), reti neurali artificiali e apprendimento profondo (deep learning) in un linguaggio accessibile a non esperti. Particolarmente rilevante è l'introduzione del cosiddetto problema dei modelli "black box", non

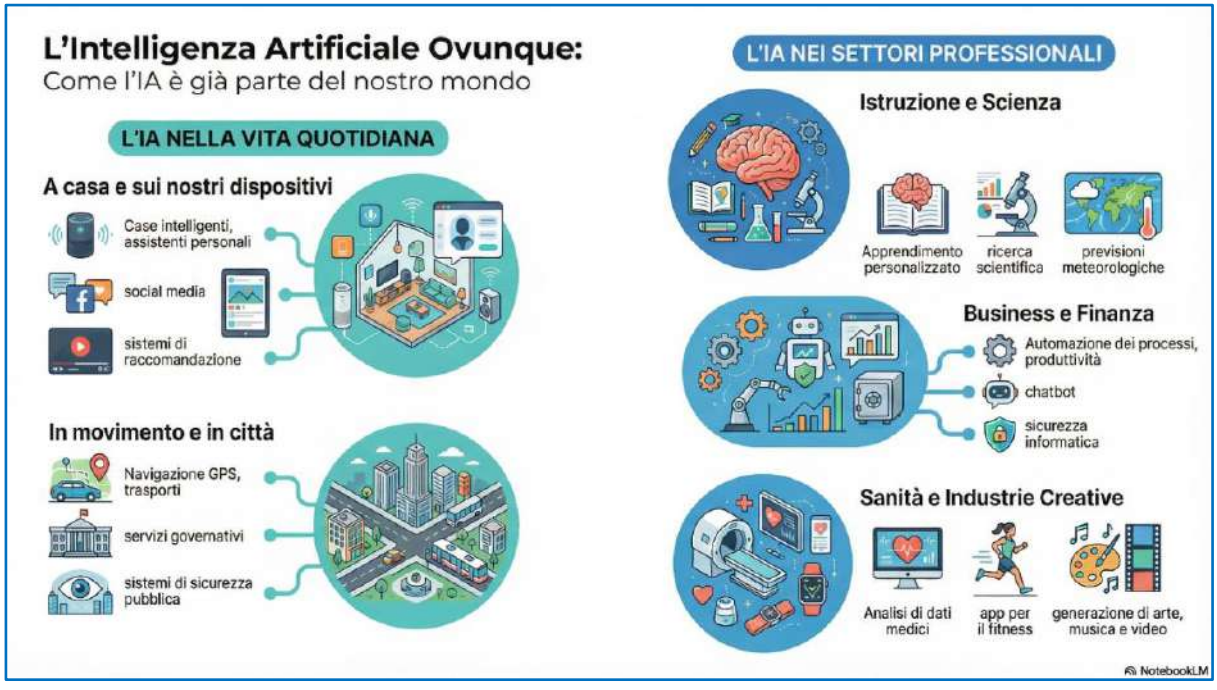
assolutamente vietati dall'AI Act: la difficoltà intrinseca di molti sistemi di deep learning, nei quali il processo decisionale interno non è interpretabile nemmeno dai loro stessi creatori, con implicazioni profonde per la trasparenza e la responsabilità.

La sezione affronta poi il fenomeno dell'intelligenza artificiale generativa – la frontiera più visibile e discussa dell'IA contemporanea – spiegando il concetto di prompt, il funzionamento dei Large Language Models (LLM), il Natural Language Processing (NLP) e l'evoluzione verso sistemi multimodali capaci di lavorare simultaneamente con testo, immagini, audio e video. Un'attenzione particolare è dedicata infine ai nuovi agenti IA: sistemi capaci non solo di rispondere a istruzioni, ma di pianificare e intraprendere sequenze di azioni autonome per raggiungere un obiettivo, aprendo scenari inediti di autonomia che richiedono nuove riflessioni sul controllo umano.

Il concetto più importante di tutta la prima sezione – e dell'intero percorso formativo – è proprio quello di AI Literacy. Il Syllabus la definisce come la capacità di comprendere cosa sia l'IA, come funzioni nei suoi principi essenziali, quali siano i suoi limiti e rischi e come interagire con essa in modo critico e consapevole. Questa definizione è volutamente ampia: include la dimensione cognitiva (capire), quella critica (valutare), quella etica (responsabilità) e quella civica (partecipazione informata). La sezione argomenta con forza che questa competenza è urgente soprattutto per i giovani e i cittadini comuni: non per diventare esperti, ma per non essere mai completamente estranei a ciò che li riguarda.

3.2 Sezione 2 – Applicazioni pratiche dei sistemi di intelligenza artificiale

La seconda sezione invita a guardare il mondo che ci circonda con occhi nuovi, riconoscendo dove e come l'intelligenza artificiale è già presente nella vita quotidiana e nei settori professionali. È una sezione volutamente concreta e ricca di esempi, perché uno dei principali ostacoli all'AI Literacy è la percezione –



alimentata spesso da un certo tipo di comunicazione mediatica – che l'intelligenza artificiale sia un fenomeno del futuro o una tecnologia esclusiva di laboratori e grandi aziende tecnologiche. In realtà, l'IA è già qui, già attiva, già intrecciata con ogni dimensione della vita umana.

Nella vita domestica, il Syllabus esplora il ruolo degli assistenti vocali (Amazon Alexa, Google Assistant, Apple Siri), dei termostati intelligenti che imparano le abitudini degli abitanti di una casa e ottimizzano i consumi energetici e degli algoritmi di raccomandazione che selezionano i contenuti sulle piattaforme di streaming e sui social media. Quest'ultimo esempio è particolarmente educativo: mostra come l'IA non sia soltanto uno strumento al servizio dell'utente, ma anche un sistema che modella attivamente la sua esperienza informativa con implicazioni che vanno dalla bolla di filtraggio alla manipolazione dell'opinione pubblica.

Nel dominio professionale, la sezione esplora l'intelligenza artificiale nell'istruzione (sistemi di apprendimento adattivo, chatbot didattici, strumenti di correzione avanzati, rilevamento automatico del plagio), nella sanità (analisi di immagini mediche, previsione delle epidemie, accelerazione della ricerca farmacologica), nella finanza (analisi predittiva del rischio, rilevamento delle frodi), nel mondo del lavoro (automazione dei processi ripetitivi, assistenti digitali per il customer care) e nelle industrie creative (generazione di immagini, musica, video e testi).

Una sezione ricca di spunti è quella dedicata alle applicazioni scientifiche e ambientali come il caso di sistemi che risolvono uno dei problemi più complessi della biologia molecolare, la previsione della struttura tridimensionale delle proteine, esempio emblematico di come l'IA possa accelerare la ricerca scientifica in modo rivoluzionario. Allo stesso modo, il monitoraggio ambientale attraverso immagini satellitari elaborate dall'IA, la previsione meteorologica avanzata e la gestione delle reti elettriche intelligenti mostrano come queste tecnologie possano essere strumenti fondamentali nella risposta alle sfide climatiche globali.

L'obiettivo formativo della sezione non è semplicemente informativo. Conoscere gli esempi concreti di IA nel mondo reale è il punto di partenza indispensabile per un'AI Literacy autentica: ciò che non si conosce non si può valutare, e ciò che non si valuta non si può governare. Riconoscere l'IA nei contesti quotidiani è il primo passo verso la capacità di porre le domande giuste: chi ha progettato questo sistema? Su quali dati è stato addestrato? Quali sono i suoi limiti? Chi è responsabile se sbaglia?

3.3 Sezione 3 – Rischi, buone pratiche e considerazioni etiche

La terza sezione è il cuore critico del Syllabus. Non si tratta soltanto di sapere cosa fa l'IA, ma di capire quali rischi comporta, come proteggersi e come usarla in modo responsabile. È la sezione che più direttamente risponde al mandato normativo dell'articolo 4 dell'AI Act, che richiede non soltanto



conoscenze tecniche ma anche consapevolezza dei rischi e delle implicazioni etiche dei sistemi di intelligenza artificiale.

La sezione inizia con un'analisi approfondita della questione della privacy. Ogni sistema di intelligenza artificiale ha bisogno di dati per funzionare, e quei dati vengono spesso dagli utenti stessi, attraverso l'input attivo (informazioni che inseriamo direttamente) e il tracciamento passivo (monitoraggio del comportamento di navigazione, della posizione geografica, degli acquisti). La sezione illustra come questi dati vengano usati per la personalizzazione, la profilazione pubblicitaria e l'addestramento di nuovi modelli, e quali rischi concreti comporti per la privacy individuale: dalla mancanza di trasparenza sulla gestione dei dati, alla re-identificazione di persone da dataset presentati come 'anonimizzati', al tracciamento sistematico che erode progressivamente la libertà di pensiero e di comportamento.

Strettamente connessa alla privacy è la sicurezza informatica. Il Syllabus evidenzia come l'IA sia contemporaneamente bersaglio e strumento degli attacchi informatici: i sistemi di IA contengono grandi quantità di dati sensibili e, se compromessi, possono causare danni enormi; ma l'IA viene anche utilizzata dai criminali informatici per rendere i propri attacchi più sofisticati – dal phishing generato automaticamente con LLM alla clonazione di voci per frodi telefoniche, fino alla creazione di identità false credibili.

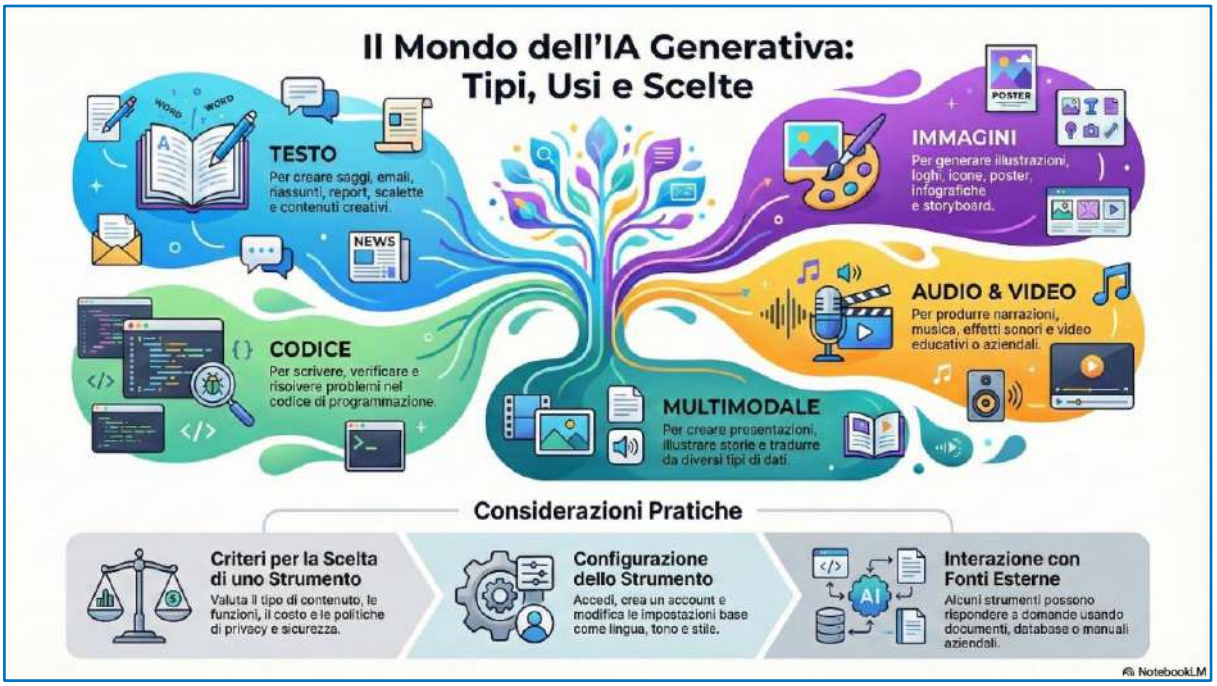
Un tema di particolare rilevanza è quello dei bias algoritmici: i pregiudizi inconsapevoli che si annidano nei modelli di IA quando vengono addestrati su dati che riflettono stereotipi e disuguaglianze presenti nella società umana. Esistono esempi concreti di come sistemi di riconoscimento facciale abbiano mostrato tassi di errore significativamente più alti su persone di pelle scura, come algoritmi usati in ambito giudiziario per valutare il rischio di recidiva abbiano penalizzato in modo sproporzionato specifiche comunità e come strumenti di selezione del personale abbiano riprodotto le discriminazioni di genere dei decenni passati. In tutti questi casi, il problema non nasce da una cattiveria intenzionale del programmatore, ma da una progettazione che non ha tenuto conto della qualità e della rappresentatività dei dati di addestramento.

La sezione dedica ampio spazio al tema della disinformazione e ai deepfake: immagini, audio e video in cui il volto o la voce di una persona reale viene sostituita o manipolata con un realismo sempre più difficile da distinguere dall'autentico. Le implicazioni sono enormi: dalla diffamazione personale alla manipolazione politica, dalla creazione di prove false alla erosione della fiducia epistemica collettiva – la nostra capacità condivisa di distinguere il vero dal falso – con conseguenze potenzialmente devastanti per la democrazia e il dibattito pubblico. Il Syllabus fornisce strumenti metodologici per la valutazione critica dei contenuti digitali: domande da porsi di fronte a qualsiasi informazione trovata online, indicatori di allerta visivi e stilistici, strategie di verifica attraverso fonti multiple e affidabili.

La sezione si chiude con un'analisi dell'impatto sociale e ambientale dell'IA. Sul piano sociale, il Syllabus invita ad affrontare il tema della trasformazione del mercato del lavoro e il rischio di un aumento delle disuguaglianze economiche tra chi possiede le competenze per sfruttare l'IA e chi ne è escluso; il pericolo di una dipendenza eccessiva dall'IA che delega alle macchine decisioni che dovrebbero rimanere umane e la questione della sorveglianza di massa. Sul piano ambientale, è opportuno poi affrontare il grande tema del costo energetico nascosto dell'intelligenza artificiale: l'enorme consumo di elettricità e acqua rispettivamente per alimentare e raffreddare i data center che ospitano i sistemi di IA, il cui consumo per alcune sessioni di addestramento è paragonabile a quella di un volo transatlantico o anche superiore.

3.4 Sezione 4 – Conoscere i sistemi di intelligenza artificiale generativa

La quarta sezione scende sul piano pratico: quali sono concretamente gli strumenti di intelligenza artificiale generativa disponibili oggi, come funzionano, come si scelgono e come si configurano? Svilupparlo può trasfo0rmarsi didatticamente in una guida aggiornata al panorama degli strumenti generativi, che si è espanso in modo straordinario dal novembre 2022 in poi e continua ad evolversi a



velocità impressionante.

I generatori di testo – oggi ChatGPT di OpenAI, Claude di Anthropic, Gemini di Google, Copilot di Microsoft – sono probabilmente gli strumenti più diffusi e versatili. Il Syllabus ne illustra in generale i casi d'uso più rilevanti per studenti e cittadini: redazione di testi di vario tipo, riassunto di documenti complessi, spiegazione di concetti in linguaggio accessibile, supporto alla scrittura creativa, risposta a domande, generazione di strutture e scalette. Allo stesso tempo, sottolinea con chiarezza un limite strutturale di questi sistemi che l'utente deve sempre tenere presente: i modelli linguistici non "sanno le cose" nel senso umano del termine, ma generano sequenze di testo statisticamente plausibili basandosi su pattern appresi durante l'addestramento. Quando non conoscono la risposta giusta, tendono a inventarla con la stessa sicurezza con cui fornirebbero informazioni corrette, fenomeno che noi umani abbiamo denominato "allucinazione". Per questo, qualsiasi output prodotto da un sistema generativo va sempre revisionato criticamente, con particolare attenzione a dati fattuali, date, citazioni e affermazioni specifiche.

I generatori di immagini usano architetture diverse (principalmente modelli di diffusione) e aprono possibilità prima impensabili per chiunque non abbia una formazione grafica. Dalle illustrazioni per

presentazioni scolastiche alle concept art per prodotti creativi, questi strumenti abbassano enormemente la soglia di competenze necessarie per accedere alla produzione visiva. La sezione ne illustra le applicazioni pratiche ma non manca di evidenziare le implicazioni etiche: la possibilità di riprodurre stili di artisti reali senza consenso, la presenza di bias visivi nei dati di addestramento, il rischio di utilizzo per creare contenuti falsi o manipolativi.

La sezione esplora poi la generazione di video, di audio e musica e di codice sorgente. Per quest'ultima categoria, la sezione sottolinea come gli strumenti di AI coding abbiano già trasformato radicalmente le pratiche di sviluppo software: non soltanto per i programmatori esperti, per i quali rappresentano un moltiplicatore di produttività, ma anche per chi si avvicina alla programmazione per la prima volta, abbassando enormemente la barriera di accesso e trasformando il debug da attività spesso frustrante in un processo guidato e didattico.

Una categoria di particolare interesse è quella dei sistemi RAG (Retrieval-Augmented Generation, ovvero "generazione aumentata dal recupero"): strumenti capaci di rispondere a domande attingendo a documenti o database specifici forniti dall'utente. Questi sistemi superano uno dei limiti principali dei modelli linguistici generici – la mancanza di conoscenza aggiornata o specifica di un determinato dominio – e trovano applicazioni molto concrete nelle organizzazioni: un'azienda può costruire un sistema di Q&A interno che risponde ai dipendenti attingendo alle politiche aziendali; un ufficio legale può interrogare un archivio di sentenze; un'istituzione pubblica può rendere accessibili le proprie normative attraverso un assistente conversazionale.

La sezione si conclude con una guida pratica alla selezione e configurazione degli strumenti: criteri di scelta (tipo di contenuto richiesto, uso previsto, costo, politiche di privacy), caratteristiche specifiche da valutare per ciascuna categoria e indicazioni per la creazione di un account e la personalizzazione delle impostazioni. Un'attenzione particolare è dedicata alle politiche di privacy e sicurezza dei dati inseriti negli strumenti: una questione cruciale soprattutto in contesti professionali e organizzativi, dove le informazioni trattate possono essere riservate o sensibili.

3.5 Sezione 5 – Basi di prompting e uso dei risultati

La quinta e ultima sezione è la più operativa dell'intero percorso: come comunicare efficacemente con un sistema di IA generativa per ottenere ciò che si cerca, come affinare i risultati e come utilizzarli in modo responsabile. Il prompt engineering – la disciplina che studia come scrivere istruzioni efficaci per i sistemi di IA – è presentato non come una competenza tecnica riservata a specialisti, ma come un'abilità pratica che si impara e si affina con la pratica, accessibile a qualunque utente consapevole: l'arte di fare la domanda giusta.



Il fondamento del prompt engineering è semplice ma spesso trascurato: la qualità del risultato dipende in larghissima misura dalla qualità dell'istruzione fornita al sistema. Una richiesta vaga produce una risposta vaga; una richiesta precisa, contestualizzata e ben strutturata produce una risposta precisa, utile e spesso sorprendentemente efficace. Il Syllabus individua cinque elementi fondamentali di un prompt efficace: la chiarezza e specificità dell'istruzione (vincoli precisi che guidano il sistema senza limitarne la creatività); il contesto (informazioni di sfondo che aiutano il sistema a calibrare il tono, il registro e il contenuto della risposta); il ruolo (richiedere al sistema di assumere una prospettiva specifica per attivare un registro di conoscenza pertinente); lo scopo del testo desiderato; i vincoli di formato, lunghezza e stile.

Una tecnica particolarmente utile per compiti complessi è il cosiddetto layering: la costruzione del prompt per strati successivi di informazione, aggiungendo progressivamente dettagli e vincoli anziché cercare di inserire tutto in un'unica istruzione lunga e complessa. Il layering permette di affinare il risultato in modo iterativo, correggendo il tiro con istruzioni aggiuntive senza dover riscrivere tutto da capo ogni volta.

La sezione introduce anche alcune tecniche più avanzate, presentate in modo accessibile a non esperti. La tecnica zero-shot consiste nel chiedere al sistema di svolgere un compito senza fornire esempi: il sistema usa la propria conoscenza pregressa per eseguirlo. La tecnica few-shot prevede invece di fornire uno o pochi esempi del risultato desiderato prima di fare la richiesta vera e propria: particolarmente utile per compiti specifici o non standard, dove la dimostrazione è più efficace della descrizione astratta. La tecnica Chain of Thought – la 'catena del pensiero' – consiste nel chiedere al sistema di mostrare il proprio ragionamento passo dopo passo prima di fornire la risposta finale: produce risposte più accurate e verificabili su problemi complessi, perché l'esplicitazione del processo riduce la probabilità di errori logici. Infine, il prompt chaining è la tecnica che consiste nel collegare più prompt in sequenza, usando l'output

di uno come input del successivo: permette di spezzare compiti complessi in passaggi gestibili, ottenendo risultati di qualità superiore rispetto a un'unica richiesta omnicomprensiva.

La sezione si conclude con una guida all'uso e alla condivisione dei risultati. Diversi strumenti offrono funzionalità di esportazione diretta in formati standard (Word, PDF, PowerPoint, Excel), e il Syllabus sottolinea l'importanza di saper scegliere il formato più appropriato in base all'uso previsto.

L'aspetto infine più importante rilanciato nell'ultima sezione è ancora una volta quello etico: la trasparenza sull'utilizzo dell'IA (in molti contesti accademici e professionali è corretto dichiarare quando un contenuto è stato prodotto o significativamente assistito dall'IA) e la responsabilità di verifica (prima di condividere qualsiasi informazione prodotta dall'IA, è dovere dell'utente verificarne l'accuratezza, soprattutto per dati fattuali e citazioni). Condividere contenuti errati generati dall'IA senza verifica non è soltanto un problema tecnico: è una responsabilità etica e, in certi contesti, anche legale.

4. Conclusioni: una scelta culturale, prima ancora che tecnica

Con il Syllabus ICDL Intelligenza Artificiale 2.0, AICA propone qualcosa di più ambizioso di una semplice formazione tecnica: vuole contribuire a formare persone capaci di porre le domande giuste, senza delegare ciecamente, mantenendo al posto che le compete la responsabilità umana del giudizio, della scelta e della decisione. Un obiettivo che è insieme educativo, civico e, in ultima analisi, politico nel senso più alto del termine: quello di una comunità che si prende cura di sé stessa di fronte alle trasformazioni tecnologiche più rapide e profonde della storia moderna come non ultimo enunciato attraverso una straordinaria enciclica dal Pontefice Leone XIV.

Il viaggio nell'intelligenza artificiale non finisce con una certificazione. Anzi, è proprio qui che comincia. Il campo dell'IA evolve a una velocità senza precedenti: strumenti che oggi sembrano avanzatissimi diventeranno obsoleti nel giro di pochi anni, nuove capacità e nuove sfide etiche emergeranno continuamente. La competenza più preziosa che questo percorso può offrire non è la conoscenza di un insieme fisso di strumenti o tecniche ma la capacità di imparare, adattarsi e ragionare criticamente di fronte al cambiamento.

Un cittadino che capisce i principi fondamentali dell'IA, che sa valutare criticamente i contenuti digitali, che conosce i propri diritti in materia di privacy, che sa usare gli strumenti generativi con responsabilità e competenza: questa è la persona capace di abitare il presente con intelligenza e di contribuire a costruire il futuro con consapevolezza. Ed è esattamente questo l'obiettivo dell'AI Literacy secondo AICA: non il vezzo riservato ad addetti ai lavori, ma una necessità democratica per tutti i cittadini dell'era degli algoritmi.

Riferimenti

- AI Act – Regolamento (UE) 2024/1689 del Parlamento europeo e del Consiglio del 13 giugno 2024. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, 12 luglio 2024.
- Stanford University, AI Index Report 2026.
- ICDL Foundation (2026). ICDL Artificial Intelligence Syllabus 2.0. Dublin: ICDL Foundation.
- Legge 23 settembre 2025, n. 132, 'Disposizioni in materia di intelligenza artificiale'. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, 9 ottobre 2025, n. 236.
- Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali (2025). Decreto ministeriale n. 180 del 17 dicembre 2025 - Linee guida per l'implementazione dell'Intelligenza Artificiale nel mondo del lavoro.
- Lettera Enciclica, "Magnifica Humanitas", Del Santo Padre Leone XIV, "Sulla Custodia Della Persona Umana

  Nel Tempo Dell'intelligenza Artificiale" [San Pietro, il 15 maggio dell'anno 2026]
- UNESCO (2021). Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. Paris: UNESCO.
- Unione Europea (2022). DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Fancello A. (2026). ICDL – Intelligenza Artificiale. E-Book Syllabus 2.0. AICA – Associazione Italiana per l'Informatica ed il Calcolo Automatico. Milano.



Antonella Fancello

antonella.fancello@aica.it

Board member e formatore AICA, ha prodotto i materiali di supporto alla formazione sui contenuti del Syllabus "ICDL Intelligenza Artificiale". Si occupa da quasi 30 anni di trasformazione digitale e informatica pubblica da allieva del Prof. G. Duni, primo teorizzatore italiano del file avente valenza giuridica in un procedimento amministrativo. Già Docente di "E-Government - Amministrazione Digitale" presso il Dipartimento di Giurisprudenza dell'Università degli studi di Sassari, già Docente nello stesso Ateneo di "Pratiche digitali per l'empowerment dei cittadini" collabora anche con l'università di Cagliari e numerose istituzioni, imprese e scuole. È consulente senior per Agenzie governative facenti capo alla Presidenza del Consiglio dei Ministri FormezPA e Agenzia per l'Italia Digitale.

Esperta di trasformazione digitale presso l'Accademia dei Comuni Digitali di ANCI.

Attivista digitale, blogger e keynote speaker in numerosi eventi di rilievo nazionale, da sempre coinvolta dal dibattito giuridico e filosofico su diritti e tecnologie, digital divide, agenda digitale, processo di informatizzazione della PA italiana e sul più recente impatto dei sistemi di intelligenza artificiale nella vita delle persone.

Costruire un “fucile migliore”

Palantir, l'intelligenza artificiale e l'etica della «repubblica tecnologica»

Christian Fiori, AICA

Sommario

Con “La repubblica tecnologica” Alexander C. Karp, CEO di Palantir, e Nicholas W. Zamiska accusano la Silicon Valley di aver tradito la propria vocazione originaria e invocano una nuova alleanza fra industria del software, Stato e difesa. L'articolo discute criticamente il libro alla luce di ciò che Palantir già pratica — dalla piattaforma ImmigrationOS per l'ICE alla partnership con la Difesa israeliana, fino ai dati sanitari dell'NHS britannico — e della rapida fusione fra colossi tecnologici e apparati di sicurezza, di cui il «capitalismo della frammentazione» descritto da Quinn Slobodian offre la genealogia. Vengono enucleati cinque nodi etici, dal dual-use all'opacità algoritmica fino alla confusione fra interesse aziendale e interesse nazionale, per concludere che il vero lavoro etico riguarda quali sistemi, con quali garanzie e sotto quale controllo democratico affidiamo al software.

Parole chiave: intelligenza artificiale, Palantir, etica della tecnologia, dual-use, sorveglianza di massa, accountability algoritmica, sicurezza nazionale.

Un manifesto scomodo

Capita di rado che l'amministratore delegato di un'azienda tecnologica scriva un trattato politico. È quanto hanno fatto Alexander C. Karp, CEO di Palantir Technologies, e il suo “uomo di fiducia” Nicholas W. Zamiska con *La repubblica tecnologica* (orig. *The Technological Republic*, 2025; ed. it. Mondadori): non un memoir aziendale né un saggio divulgativo sull'IA, ma una dichiarazione di intenti sul rapporto fra industria del software, Stato e potere militare in Occidente.

La tesi è netta: la Silicon Valley, nata dall'intreccio fra ricerca scientifica e sforzo bellico (dall'elettronica militare sviluppata nella Bay Area fino a Internet, nato anche grazie ai finanziamenti della DARPA), avrebbe tradito la propria vocazione originaria, ripiegando su un «idealismo superficiale» e su prodotti di consumo poco ambiziosi, fino ad abdicare al proprio dovere di contribuire alla difesa nazionale. Di qui l'appello a rinsaldare il legame con i governi e a rimettere il talento ingegneristico al servizio di un «progetto nazionale». L'argomento merita attenzione perché Palantir non si limita a teorizzarlo, ma lo pratica: una filosofia esplicita della tecnologia si traduce in software realmente impiegato alle frontiere, sui campi di battaglia e nei sistemi sanitari. La domanda etica non è astratta: che cosa accade quando la «mentalità ingegneristica» del libro incontra la sorveglianza di massa, l'individuazione algoritmica dei bersagli e i dati sensibili di milioni di cittadini?

Le posizioni degli autori

Il dovere di difesa. Karp e Zamiska sostengono che chi costruisce le tecnologie destinate a permeare ogni aspetto della vita collettiva ha la responsabilità di prendere posizione e, in particolare, di concorrere alla sicurezza nazionale. La neutralità, concepita come il rifiuto, diffuso fra molti ingegneri, di lavorare per scopi militari, non è una virtù per loro, ma una forma di disimpegno mascherato.

L'Occidente e la violenza organizzata. Il libro riprende, facendolo proprio, un celebre giudizio del politologo Samuel Huntington: l'ascesa dell'Occidente non sarebbe stata determinata dalla superiorità delle sue idee o dei suoi valori, ma dalla sua superiorità nell'uso della violenza organizzata. Per gli autori questo non è motivo di vergogna bensì di consapevolezza: la logica è quella della deterrenza, cioè mantenere un vantaggio tecnologico tale da scoraggiare gli avversari e, così, evitare la guerra.

Contro il nichilismo. Una parte consistente del volume è un atto d'accusa verso quello che gli autori descrivono come il relativismo morale e il «nichilismo superficiale» delle élite culturali e tecnologiche contemporanee. Slogan come *Don't be evil* vengono letti come il sintomo di una generazione di tecnici brillanti addestrati a identificare il male e a smarcarsene, anziché ad assumersi il compito più scomodo di operare in un mondo imperfetto. La cura proposta è la riscoperta di una cultura condivisa, di un'identità e di rituali civici comuni.

L'etica dell'ingegnere. Infine, gli autori esaltano una cultura del risultato: conta ciò che funziona, il contatto diretto fra chi crea il software e chi lo usa, senza bisogno di esibizioni. È, nelle loro intenzioni, un'etica del fare contrapposta a un'etica dell'apparire.

Va riconosciuto che alcuni di questi argomenti colgono problemi reali: la responsabilità di chi progetta sistemi che incidono sulla vita di milioni di persone è una questione etica seria, e la pretesa di una tecnologia «neutrale» è da tempo smentita. Il punto critico, come vedremo, non sta nelle domande che il libro pone, ma nelle risposte che propone e in ciò che queste finiscono per legittimare nella pratica.

Dalla teoria alla pratica: Palantir oggi

Palantir, fondata nel 2003 con un investimento iniziale anche della *CIA*, costruisce piattaforme di analisi dati e sistemi di IA per difesa, intelligence, polizia e privati. I suoi prodotti, *Gotham* (militare e intelligence), *Foundry* (dati aziendali e pubblici) e la più recente *AIP*, integrano fonti eterogenee in un'unica visione operativa. Tre dispiegamenti recenti illustrano la posta in gioco etica meglio di qualsiasi argomento.

Immigrazione: ImmigrationOS. Nell'aprile 2025 l'agenzia statunitense ICE ha affidato a Palantir circa 30 milioni di dollari per ImmigrationOS, una piattaforma che fornisce visibilità «quasi in tempo reale» sull'intero «ciclo di vita» dell'immigrazione, dall'identificazione al tracciamento fino all'espulsione. Si basa su un'infrastruttura che lega Palantir a ICE dal 2013 e che ha ormai un valore superiore ai 145 milioni di dollari. Difensori dei diritti civili e parlamentari hanno denunciato l'aggregazione di dati pubblici e privati — incluse, secondo alcune ricostruzioni, banche dati di altri dipartimenti federali — per profilare i bersagli. Il nodo è duplice: nessun audit indipendente né trasparenza sui tassi di errore, e una «precisione» che dipende da dati notoriamente sporchi. Quando il dato è errato, il targeting «preciso» colpisce la persona sbagliata.

Guerra: la partnership con Israele. Nel gennaio 2024, a pochi mesi dall'inizio della guerra a Gaza, Palantir ha annunciato una «partnership strategica» con la Difesa israeliana per missioni «legate alla guerra». Diverse inchieste collegano le sue tecnologie, in particolare *AIP*, concepita per accelerare l'individuazione di obiettivi, ai sistemi di targeting impiegati nel conflitto; la Relatrice speciale dell'ONU Francesca Albanese ha parlato di «ragionevoli motivi» per ritenere che la piattaforma sia stata usata in operazioni militari illegittime, causando perdite sproporzionate tra i civili. Rivelatrice la replica del cofondatore di Palantir, Peter Thiel, a chi lo interrogava sull'uso militare dell'IA: voler «deferire» a Israele la decisione, anziché «giudicare» dall'esterno. È la rinuncia esplicita a un giudizio morale autonomo da parte di chi fornisce lo strumento.

Sanità: la piattaforma dati dell'NHS britannico. Non tutti i casi sono militari. Nel 2023 l'NHS England ha affidato a Palantir, per 330 milioni di sterline, la *Federated Data Platform*, destinata a unificare dati clinici frammentati. L'aggiudicazione, criticata per tempi e trasparenza, è finita in contenzioso. Nella primavera 2026 è emerso che personale esterno, incluso quello di Palantir, avrebbe ottenuto accesso «illimitato» a dati identificabili dei pazienti prima della pseudonimizzazione, e che le facoltà di *opt-out* non si applicherebbero in virtù di una direttiva mai pubblicata; un'intera regione (Greater Manchester) ha rifiutato di aderire. Qui non ci sono bersagli né droni, ma la domanda altrettanto cruciale: chi controlla davvero i dati più intimi dei cittadini, una volta che un operatore privato si insedia al cuore di un'infrastruttura pubblica?

Dopo il libro: la profezia accelera

Ciò che rende La repubblica tecnologica più di un pamphlet è che, nei mesi successivi, la fusione fra industria tecnologica e Stato che il libro auspica si è realizzata a velocità sorprendente, e ben oltre Palantir.
Nel giugno 2025 l'esercito statunitense ha istituito il Detachment 201: Executive Innovation Corps, arruolando come tenenti colonnelli della riserva quattro dirigenti — fra cui Shyam Sankar, CTO di Palantir, con i vertici tecnici di Meta e OpenAI — senza alcun percorso militare ordinario. È la tesi del libro fatta carne: non più aziende che vendono software allo Stato, ma manager in uniforme che restano ai propri posti aziendali. Sankar ha salutato l'iniziativa con parole quasi uscite dal volume di Karp, definendo l'unione fra innovazione americana e missioni militari «la chiave dei nostri trionfi del XX secolo». Eppure, quei nuovi ufficiali, hanno notato in molti, non si asterrebbero dagli affari delle proprie imprese con la Difesa: la commistione celebrata dal libro diventa un manuale di conflitto di interessi.

Il fenomeno è sistemico. Nel luglio 2025 il Pentagono ha assegnato contratti fino a 200 milioni di dollari ciascuno a Google, OpenAI, Anthropic e xAI: i grandi modelli di IA entrano nel cuore delle infrastrutture militari. Ma è a inizio 2026 che un caso mette alla prova l'idea, cara al libro, secondo cui «l'integrità ha un prezzo». In una trattativa da 200 milioni, Anthropic pone due condizioni invalicabili: niente sorveglianza di massa dei cittadini, niente armi autonome che agiscano senza responsabilità umana sull'uso della forza. Il negoziato salta. L'amministrazione ordina alle agenzie federali di abbandonarne i prodotti, il Pentagono la bolla come rischio per la sicurezza nazionale. Poche ore dopo OpenAI annuncia un proprio accordo — con garanzie simili a quelle appena costate care alla concorrente.

È il rovesciamento perfetto della tesi del libro. Dove Karp e Zamiska vedono nel rifiuto di servire lo Stato una codardia morale, qui un'azienda fissa limiti etici chiari e scopre che il «prezzo dell'integrità» può essere la ritorsione del potere pubblico. La domanda non è più se le aziende debbano collaborare, ma se possano farlo a condizioni che giudicano accettabili: ed è proprio il giudizio morale — quello che il libro vorrebbe mettere fra parentesi — a tornare al centro della scena.

I nodi etici

1. La logica del «fucile migliore» e il dual-use. Il titolo di un capitolo, *Costruire un fucile migliore*, riassume un'etica strumentale: il tecnico rende lo strumento più efficace, mentre l'uso compete ad altri. È esattamente ciò che Langdon Winner in *Do Artifacts Have Politics?* (1980) chiamava «sonnambulismo tecnologico»: costruire l'oggetto fingendo che le sue conseguenze politiche siano un problema altrui. Ma le tecnologie in gioco sono *dual-use* e, soprattutto, *abilitanti*: non eseguono soltanto un ordine, plasmano lo spazio delle

decisioni possibili. Un sistema che genera liste per identificare persone da colpire o da espellere non è un fucile più preciso, bensì un apparato che ridefinisce chi diventa il bersaglio.

2. La diluizione della responsabilità. Il «deferire» alle forze armate la valutazione morale è la versione contemporanea di una vecchia obiezione: io ho solo fornito lo strumento. La filosofia della tecnica del Novecento (da Günther Anders ad Hans Jonas) ha smontato a fondo questa difesa, mostrando quanto sia insostenibile, nell'era delle tecnologie ad alta potenza, separare la responsabilità di chi progetta da quella di chi impiega. Paradossalmente, è lo stesso libro a sostenere che gli ingegneri *devono* prendere posizione: ma la presa di posizione invocata è schierarsi *con* lo Stato e i suoi obiettivi, non assumersi la responsabilità per gli effetti dello strumento.

3. Opacità, sorveglianza e stato di diritto. Tanto in ambito migratorio quanto militare, i sistemi descritti operano senza audit indipendenti, senza trasparenza sui criteri e sui tassi di errore, spesso come vere e proprie «scatole nere». Qui emerge il punto più sensibile: la responsabilità degli algoritmi, il diritto a una spiegazione e la possibilità di verificare le decisioni automatizzate sono principi ormai riconosciuti e in parte codificati, come dimostra l'impianto dell'AI Act europeo e la sua classificazione dei sistemi «ad alto rischio». Un'IA che incide sulla libertà personale o sulla vita altrui senza adeguati meccanismi di controllo e contestazione entra in aperto contrasto con lo Stato di diritto, qualunque sia la nobiltà del fine dichiarato.

4. La confusione fra interesse aziendale e interesse nazionale. Il libro celebra la «commistione» fra obiettivi commerciali e nazionali; ma quando un attore privato diventa l'infrastruttura insostituibile dell'immigrazione, della difesa o della sanità, al punto da essere contrattualizzato come «fornitore unico», il problema è di sovranità e di potere. È la tensione che Lewis Mumford aveva colto distinguendo una «tecnica democratica», distribuita e a misura d'uomo, da una «tecnica autoritaria», centralizzata e orientata al controllo, la cui forma compiuta è la megamacchina: l'unione di organizzazione, sapere tecnico e coercizione. La convergenza fra grandi aziende del software e apparati di sicurezza, fino al gesto simbolico dei dirigenti in uniforme, evoca una possibile megamacchina del XXI secolo. Gli autori stessi descrivono le aziende tech come piccole «nazioni», vere città-Stato: un'osservazione acuta, ma che andrebbe letta come un allarme, non come un ideale. Proprio a tale allarme lo storico Quinn Slobodian ha dedicato l'opera *Il capitalismo della frammentazione*, in cui ricuce la storia degli integralisti del mercato, che da decenni perforano lo Stato-nazione con zone franche ed enclave in cui il capitale opera al riparo dal controllo democratico. Non a caso il racconto di Slobodian si apre su Peter Thiel, che nel 2009 scriveva: «Non credo più che libertà e democrazia siano compatibili». Accantonata l'idea di sfuggire allo Stato, Thiel ha scoperto che è molto più conveniente operare al suo interno: gli appalti con l'ICE, l'esercito e la sanità britannica mostrano come l'utopia delle mille nazioni finisca per cedere il passo alla realtà dei grandi contratti pubblici. Perché da uno Stato democratico

si può dissentire, votare, andarsene; dalla repubblica di Palantir, che nessuno ha eletto, non ci si può dimettere.

5. L'*antinichilismo* come scorciatoia. La contrapposizione «Occidente contro nichilismo» è retoricamente potente, ma rischia di chiudere il confronto invece di favorirlo. Trasformare ogni dubbio etico - dal rifiuto di lavorare a un sistema d'arma alla richiesta di garanzie sui dati - in un segno di debolezza morale o di «cultura woke» significa delegittimare proprio il dibattito che il libro sostiene di voler aprire. L'etica non consiste nell'assenza di convinzioni, ma nella capacità, spesso difficile, di sottoporle alla critica.

Che cosa ci riguarda

Sarebbe intellettualmente disonesto liquidare il libro come apologia: gli argomenti di Karp hanno una loro forza. La deterrenza è reale: se le democrazie cedono il vantaggio tecnologico, lo raccolgono regimi assai peggiori; e il rifiuto in blocco di lavorare con lo Stato non dissolve il problema morale, lo delega soltanto a fornitori meno scrupolosi, come insegna la parabola di Maven. Ma proprio qui sta l'inganno retorico del volume: presentarci una scelta secca fra tecnoutopismo neutrale e arruolamento incondizionato, lasciando nell'ombra il vero lavoro etico: *quali* sistemi, con *quali* garanzie, sotto *quale* controllo democratico, per *quali* fini verificabili. Su quel terreno, il solo che conti, il libro è reticente; e la reticenza, in chi possiede già le piattaforme, non è distrazione, ma è strategia.

L'inquietudine di fondo che resta è che la domanda non è più astratta; quando un singolo attore privato diventa l'infrastruttura insostituibile dell'immigrazione, della guerra e della sanità di interi Stati, e i suoi dirigenti vestono l'uniforme senza dismettere le proprie azioni, la distanza fra «costruire lo strumento» e «governare le persone» si è già azzerata, mentre noi discutiamo ancora se esista. I codici deontologici (ACM, IEEE) sono una bussola, non un pilota automatico, e la *soft ethics* di Luciano Floridi ci ricorda che la domanda decisiva non è cosa la legge permette, ma cosa è giusto fare quando tutto è permesso. La «mentalità ingegneristica» celebrata dal libro è preziosa finché si chiede *a che cosa* serve ciò che funziona, e *chi* paga quando funziona troppo bene; cessa di esserlo nel momento esatto in cui smette di porsi la domanda.

La repubblica tecnologica ha dunque il merito involontario di dire ad alta voce ciò che molti preferiscono tacere: per questo va letto, non per condividerne le risposte, ma per non poter più fingere di non sentire le domande. La replica non sarà un altro slogan, ma la costruzione, paziente, ostinata, poco fotogenica, di trasparenza, verificabilità e controllo democratico all'altezza del potere che consegniamo al software. È un compito, questo sì, da ingegneri: a patto di non scoprire troppo tardi di averlo lasciato fare a qualcun altro.

Bibliografia:

- A. C. Karp, N. W. Zamiska, *La repubblica tecnologica. Come l'alleanza con la Silicon Valley plasmerà il futuro dell'Occidente*, Mondadori, Milano 2025 (ed. orig. *The Technological Republic*, 2025); prefazione di Federico Rampini. *Le citazioni e le tesi sono parafrasate dall'edizione italiana.*
- ImmigrationOS / ICE: American Immigration Council, «ICE to Use ImmigrationOS by Palantir» (ago. 2025); ACLU, «All the Ways Palantir Is Assisting Trump's Removal Campaign» (2026); *Wired*, «ICE-Palantir ImmigrationOS» (2025). Contratto Federal ID 70CTD022FR0000170, ~30 M.
- Partnership con Israele: comunicato Palantir, gennaio 2024 («partnership strategica»); Business & Human Rights Resource Centre; Drop Site News; rapporto della Relatrice speciale ONU Francesca Albanese, *From economy of occupation to economy of genocide* (2025). Dichiarazioni di P. Thiel (luglio 2024) sul «deferire» a Israele.
- NHS Federated Data Platform: contratto ~330 M£ (2023); *Financial Times* e *The Register* (maggio 2026) sull'accesso «illimitato» ai dati identificabili; dibattito alla Camera dei Comuni (Hansard, aprile 2026); rifiuto del Greater Manchester ICB.
- *Detachment 201 — Executive Innovation Corps*, US Army (comunicato 13 giugno 2025; fra i nominati il CTO di Palantir Shyam Sankar); contratti del Pentagono (CDAO) fino a 200 M$ ciascuno a Google, OpenAI, Anthropic, xAI (luglio 2025); vicenda Anthropic/OpenAI–Pentagono (febbraio 2026): le «linee rosse» di Anthropic su sorveglianza di massa e armi autonome, la designazione come rischio di sicurezza e l'accordo di OpenAI (NPR, *Wall Street Journal*, *Built In*).
- Precedente Project Maven/Google (2018) sull'obiezione dei dipendenti al lavoro militare.
- L. Winner, *Do Artifacts Have Politics?* (in «Daedalus», 1980); *The Whale and the Reactor,* University of Chicago Press, 1986;
- G. Anders, *Die Antiquiertheit des Menschen* (C.H. Beck, 1956)*; trad. it. L'uomo è antiquato,* Bollati Boringhieri, 2007;
- H. Jonas, *Das Prinzip Verantwortung* (Insel Verlag, 1979)*; trad. it. Il principio responsabilità,* Einaudi, 1990;
- L. Mumford, *Technics and Civilization* (Harcourt, 1934), *trad. it. Tecnica e cultura,* Donzelli, 2013; *The Myth of the Machine* (Harcourt, 1967-70), *trad. it. Il mito della macchina,* Donzelli, 2019;
- L. Floridi, *Etica dell'intelligenza artificiale,* Raffaello Cortina Editore, *ed. inglese The Ethics of Artificial Intelligence,* Oxford University Press, 2023.
- Q. Slobodian, *Il capitalismo della frammentazione. Gli integralisti del mercato e il sogno di un mondo senza democrazia*, trad. di G. Garbellini, Einaudi, Torino 2023 (ed. orig. *Crack-Up Capitalism. Market Radicals and the Dream of a World Without Democracy*, 2023).

- Quadro normativo: Regolamento UE sull'intelligenza artificiale (*AI Act*), categorie di rischio e obblighi di trasparenza. Codici deontologici: ACM Code of Ethics; IEEE Code of Ethics.

Nota redazionale: tema sensibile. Le attribuzioni relative al contesto bellico riportano accuse e valutazioni di terze parti (ONU, ONG, organi di stampa) e non costituiscono accertamenti giudiziari definitivi.



Christian Fiori

christian3.fiori@gmail.com

Christian Fiori è un educatore digitale e ricercatore nel campo degli studi critici sulle tecnologie emergenti, con una specializzazione nei risvolti etici e sociali del loro sviluppo e utilizzo, nonché nei loro impatti e ricadute sull'educazione e sulla salute dei giovani. Accanto alla formazione tecnica in Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni presso l'Università di Bologna e all'esperienza nel Quantum Computing con CINECA, ha approfondito la Filosofia dell'Informazione presso l'Università di Urbino, conseguito un Master in Filosofia del Digitale e Intelligenza Artificiale all'Università di Udine e un diploma di Alta Specializzazione in Etica e IA presso la Pontificia Università Antonianum di Roma. Attualmente è *digital educator & ethicist* presso AICA, è parte della redazione delle due riviste di AICA, BRICKS e MONDO DIGITALE e del Comitato Organizzativo dell'evento DIDAMATICA.

Attività internazionali di AICA

Marina Cabrini, CEPIS - Member of the Board

Sommario

I giorni 27, 28 e 29 maggio a Varsavia si è svolto l'annuale incontro in presenza del Consiglio di CEPIS. Come da alcuni anni, in questa occasione si sono svolti gli incontri dei vari gruppi di lavoro che hanno fatto il punto della situazione sulle varie tematiche. In questo articolo si illustra la struttura di CEPIS e dei suoi gruppi di lavoro, in modo da fornire una panoramica delle sue attività.

Parole chiave: AICA, CEPIS, LSI, Women in ICT, DiversIT, ICODSIP, Skill[set]

1. Introduzione

Questa rubrica si propone di aprire una finestra sulle attività che AICA svolge a livello internazionale, principalmente attraverso il Consiglio delle Associazioni professionali informatiche europee, o CEPIS, di cui AICA è stata socio fondatore nel 1989 insieme ad altre otto associazioni, e che ora conta 28 membri attivi.
In questo primo articolo verrà descritta la struttura di CEPIS e le sue modalità operative in ambito europeo, mentre nei prossimi numeri di Mondo Digitale si approfondiranno le attività dei diversi gruppi di lavoro che operano all'interno di CEPIS.

2. CEPIS

CEPIS è il Council of European Professional Informatics Societies, ed è stato fondato nel lontano 1989 con lo scopo di promuovere e migliorare standard elevati tra i professionisti dell'informatica in Europa. Si tratta di un network europeo che rappresenta più di 200.000 professionisti dell'ICT e dà voce in modo coordinato a questi professionisti a livello Europeo. Prende inoltre parte a progetti Europei, in partnership con aziende e Università.
Il suo governo è costituito da un Consiglio dei rappresentanti di tutte le associazioni che ne fanno parte, e da un Board di 6 Direttori più il Presidente, che vengono eletti dal Consiglio. Il Consiglio si riunisce due volte

all'anno per deliberare in merito alle strategie e alla gestione finanziaria di CEPIS. Il Board si pone invece come guida per CEPIS e per tutte le sue attività.
Le riunioni plenarie del Consiglio di CEPIS si tengono ogni anno a maggio e a novembre. In generale una sola di queste riunioni avviene in presenza, ed è normalmente quella di maggio, a cui sono invitati sia i rappresentanti delle associazioni appartenenti a CEPIS, sia tutti i membri dei gruppi di lavoro.
Quest'anno la riunione di maggio si è tenuta a Varsavia, in occasione del 45° anniversario della fondazione dell'Associazione polacca di informatica (Polskie Towarzystwo Informatyczne, PTI). Sono stati tre giorni di attività intensa, in cui si sono svolte numerose riunioni sia dei singoli gruppi di lavoro, sia in sessione plenaria, oltre a una serata ufficiale di benvenuto per tutti gli intervenuti. A questi tavoli erano presenti in totale più di 50 esperti provenienti da tutta Europa, che hanno avuto la possibilità di incontrarsi in modo formale durante le riunioni, e in modo informale durante le diverse pause, impostando nuove collaborazioni tra le associazioni appartenenti a CEPIS sui temi dell'inclusione, delle competenze digitali, dei professionisti ICT e delle politiche europee.
(https://cepis.org/cepis-meetings-warsaw/)



3. I gruppi di lavoro CEPIS

All'interno di CEPIS sono attivi diversi gruppi di lavoro, che operano su diverse aree dell'ICT. In ciascun gruppo sono coinvolti esperti dei vari settori, selezionati dalle associazioni appartenenti a CEPIS tra i propri soci e che lavorano insieme per organizzare diverse attività e iniziative. La stessa AICA è presente in tutti questi gruppi di lavoro tramite alcuni suoi soci, presentati e selezionati in quanto esperti delle molteplici aree del digitale, che spaziano dalla formazione informatica alle problematiche legali e di sicurezza, fino alla presenza

femminile nel settore ICT. Ciascun gruppo si incontra a intervalli regolari, di persona o online secondo le proprie necessità e preferenze, in modo da affrontare le tematiche che sorgono nei vari ambiti e decidere come operare.

I gruppi attivi in ambito CEPIS sono i seguenti:

Informatics Education

Questo gruppo è dedicato a promuovere la presenza della formazione in Informatica nella scuola, in modo da fornire agli studenti gli strumenti necessari a muoversi nella società attuale sempre più digitalizzata. È membro fondatore della *Informatics for All Coalition*.
(https://cepis.org/informatics-education-group/)

Women in ICT

Questo gruppo ha come scopo la promozione della partecipazione del mondo femminile alle tecnologie ICT, attraverso la promozione della parità di genere e l'incoraggiamento delle nuove generazioni verso gli studi e le carriere nell'area ICT. Si tratta di uno dei gruppi più attivi di CEPIS, che da diversi anni propone *DiversIT*, una *roadmap* utilizzabile da organizzazioni e aziende per aiutarle a stabilire il livello di integrazione presente al loro interno per le donne attive nelle professioni ICT.
(https://cepis.org/women-in-ict/ e https://cepis.org/diversit-charter/)

Informatics and Security Issues

Il gruppo Legal and Security Issues (LSI) è composto da esperti di sicurezza informatica, che monitorano la legislazione e le proposte di legge relative all'ICT e alla cybersicurezza in ambito europeo. Le attività di questo gruppo prevedono anche la definizione delle prese di posizione ufficiali di CEPIS di fronte alle diverse istituzioni europee mediante documenti di posizione ("position paper") e testimonianze dirette di fronte al Parlamento europeo. Partecipa direttamente ai lavori di associazioni contermini quali ECSO ed ENISA. (https://cepis.org/legal-and-security-issues/)

Digital Skills Policy

Questo gruppo si occupa di analizzare i documenti relativi alle politiche sulle competenze digitali emanati dalle istituzioni Europee, promuove le competenze digitali e le certificazioni per i lavoratori.
(https://cepis.org/digital-skills-policy-group/)

Information Society

Questo gruppo è nato con lo scopo di mantenere aggiornate le associazioni appartenenti a CEPIS sugli argomenti di attualità in ambito ICT, quali ad esempio il Digital Single Market, l'accessibilità e l'impatto dell'Artificial Intelligence sulla società, sia attraverso una serie di questionari proposti alle associazioni appartenenti a CEPIS, sia mediante la preparazione di una serie di booklet.
(https://cepis.org/information-society/)

Research, Development and Innovation

Questo gruppo ha lo scopo di promuovere e analizzare la ricerca, lo sviluppo e l'innovazione nell'ICT. Inoltre, si pone come piattaforma per mettere in contatto le associazioni appartenenti a CEPIS con potenziali partner per poter partecipare a progetti di livello europeo.

Se un professionista italiano desidera entrare a far parte di uno di questi gruppi, può farlo, ma a condizione di essere socio AICA, in quanto i membri dei gruppi di lavoro vengono presentati a CEPIS dalle rispettive Associazioni informatiche.

4. Prossime attività di CEPIS

CEPIS organizza, insieme alle proprie associazioni nazionali che ne fanno richiesta, degli eventi legati al mondo dell'ICT. In particolare, per il terzo anno consecutivo CEPIS organizza la conferenza Skill[set] (nota in precedenza come ICODSIP) dedicata allo scambio di idee e informazioni sulle competenze digitali. Quest'anno la conferenza, organizzata in collaborazione con l'Associazione tedesca di informatica (Gesellschaft für Informatik, GI) si terrà a Berlino i giorni 3 e 4 dicembre 2026 e verterà come sempre su competenze digitali, professionalità in ICT e formazione informatica. La call for paper si è già aperta: qui si possono trovare tutte le indicazioni in merito, e i soci di AICA sono invitati a presentare i loro lavori così da poter presentare le attività svolte in Italia a una conferenza di respiro europeo. (https://skillset.gi.de/ e https://cepis.org/save-the-date-skillset-conference-2026/)

Bibliografia

CEPIS Council a Varsavia: https://cepis.org/cepis-meetings-warsaw/
Gruppo Informatics Education: https://cepis.org/informatics-education-group/
Gruppo Women in ICT: https://cepis.org/women-in-ict/
DiversIT Charter: https://cepis.org/diversit-charter/

Gruppo LSI: https://cepis.org/legal-and-security-issues/

Gruppo Digital Skills Policy: https://cepis.org/digital-skills-policy-group/

Gruppo Information Society: https://cepis.org/information-society/

Conferenza CEPIS e GI Skill[set]: https://cepis.org/save-the-date-skillset-conference-2026/

Conferenza CEPIS e GI Skill[set]: https://skillset.gi.de/

Conferenza CEPIS e GI Skill[set] - Call for Papers: https://skillset.gi.de/call-for-papers

---



Marina Cabrini

mcabrini@mgeng.com

Marina Cabrini è una consulente informatica che da tempo è coinvolta nello sviluppo di numerose certificazioni informatiche, sia in Italia che a livello internazionale, e fa parte di diversi gruppi di lavoro. Si occupa inoltre per AICA della localizzazione italiana del materiale relativo a tali certificazioni, quando non sono sviluppate in italiano, ed è responsabile della garanzia della qualità del materiale formativo e dei test utilizzati per le certificazioni in Italia. È convinta dell'importanza della presenza femminile in ambito STEM ed è attualmente vice chair del gruppo CEPIS Women in ICT, oltre a far parte del Board of Directors di CEPIS.

Ecologia Digitale

Giovanni Franza, AICA

Sommario

Ecologia digitale è una rubrica che vuole esplorare il "lato oscuro" dell'informatica, il suo impatto sul nostro ecosistema, a partire da ciò che consuma (terra, acqua, energia) per arrivare a ciò che produce (GHG, eWaste), non in un'ottica luddista di rifiuto, ma nell'ottica di aumentare la consapevolezza che, anche nell'ICT, non vi siano "pasti gratuiti" e che occorra osservare anche i costi e non solo le, sia pur splendide, opportunità che ci vengono offerte.

Parole chiave: ICT, Green Software, CO2equivalent, eWaste, GHG, DNSH

1. Introduzione

Con questo numero di Mondo Digitale inizia una nuova rubrica, che provocatoriamente è stata chiamata Ecologia Digitale per illustrare i collegamenti tra ICT ed ambiente. Ma, si badi bene, non per esplorare ciò che già si fa (bene) usando l'ICT per ottimizzare l'utilizzo delle risorse ma, piuttosto, per illustrare il 'lato oscuro' dell'ICT, quello legato ai costi ed ai consumi necessari alla costruzione ed al mantenimento dell'infrastruttura ICT.

2. Il problema

Nonostante oggi l'ICT sia enormemente pervasiva (si pensi da una parte all'impatto dell'AI, dall'altra parte a quello dell'IoT – a partire dalla domotica) non vi è consapevolezza dei costi collegati a questa pervasività. Scopo di questa rubrica è proprio quello di illustrare questi aspetti, dando delle chiavi di interpretazione e comprensione del fenomeno.

Vi sono dei motivi per cui il fenomeno è poco noto:

- la pervasività dell'ICT fa si che gli strumenti informatici siano sempre più utilizzati da personale non tecnico, che ne ignora (giustamente) gli aspetti tecnici di funzionamento ma si limita ad utilizzarli secondo le istruzioni dei produttori;

- il diffondersi di dispositivi vissuti come semplici, di utilizzo generale, di (relativamente) basso prezzo e piccole dimensioni (principalmente smartphone, ma anche laptop) nasconde quanto questi dispositivi dipendano per il loro funzionamento da risorse invisibili in quanto distanti ma importanti, quali le reti di telecomunicazioni ed i grossi datacenter che implementano il cloud;
- la diffusione di tariffe fisse, non legate al consumo, porta a non valutare la quantità di risorse utilizzate e ad un utilizzo compulsivo dei mezzi, come peraltro auspicato da chi i servizi li fornisce;
- la difficoltà di seguire dalla culla alla tomba ("from cradle to grave") ciò che l'ICT comporta in termini di impatto ambientale: lo scavo di impressionanti quantità di materiale per reperire componenti indispensabili quali le terre rare, la quantità di energia necessaria per la costruzione e la spedizione dei dispositivi, la stessa difficile valutazione dei consumi elettrici in fase di utilizzo, il problema dello smaltimento a fine vita dei dispositivi stessi (eWaste).

3. Una visione

È particolarmente importante comprendere questi argomenti, dato che viviamo in un mondo finito, con risorse limitate. Il consumo di queste risorse non dipende solo dai grandi player (noti come MAMAA - Meta, Apple, Microsoft, Amazon, Alphabet) o dai governi, ma, massivamente, dalle abitudini degli utenti, quindi di noi tutti.

Non è facile capire quali possano essere delle buone abitudini se non si conoscono gli effetti delle nostre azioni. E per conoscere questi effetti è importante disporre di modelli del funzionamento dei sistemi ICT. Ciò è esattamente dove si colloca questa rubrica: fornire delle indicazioni, dei modelli relativi all'impronta ecologica dell'ICT e del suo utilizzo.

Questa impronta non si limita al consumo di energia elettrica durante la fase di utilizzo, ma parte dal consumo di materiali per la costruzione e termina con le operazioni di smaltimento dei dispositivi: comprendere questi aspetti non è facile, così come non è facile quantificarli (si parla di LCA – life cycle assessment).

Semplificando si può dire che vi sono tre grandi filoni:

- il consumo di risorse per la produzione e l'utilizzo dei dispositivi ICT e delle strutture di supporto;
- la produzione di gas climalteranti (*GHG - greenhouse gases* – gas ad effetto serra);
- lo smaltimento (*eWaste* – rifiuti elettronici).

3.1 Il consumo di risorse

Si concretizza in alcuni aspetti peculiari:

- estrazione di minerali per selezionare i materiali necessari all'ICT, tra cui spiccano le terre rare;

- consumo di terra usata per la localizzazione dei datacenter;
- consumo di acqua legato alle necessità di raffreddamento dei medesimi datacenter;
- consumo di energia elettrica in tutte le fasi che compongono la vita di un dispositivo ICT.

3.2 La produzione di gas climalteranti

Noti anche come GHG - greenhouse gases – gas ad effetto serra; vengono misurati in tonnellate di CO2 equivalenti:

- la produzione avviene in ogni fase della vita dell'ICT perché è legata alla produzione di energia, di qualsiasi energia, per qualunque scopo la si usi, sia che si parli di estrazione dei minerali, sia che si parli di alimentazione dei server;
- i gas serra hanno un effetto cumulativo: la loro presenza comporta una intercettazione dei raggi solari e quindi un aumento continuo della temperatura media al suolo; non è quindi necessario un aumento di questi gas, anche il solo mantenerli al livello attuale comporta un continuo riscaldamento globale.

3.3 Lo smaltimento

In questa fase si parla di eWaste, ovvero di rifiuti elettronici:

- smaltendo i componenti a fine vita vi è comunque uno spreco dei materiali al loro interno, materiali la cui estrazione e raffinazione è costata e che ora vengono perlopiù buttati mentre si dovrebbe trovare modo di estrarli e rimetterli in circolazione (*materie prime seconde*);
- vi è un consumo di terreno, legato alle dimensioni delle discariche dove questi materiali finiscono, terreno che in molti casi non si trova nei paesi ricchi ma nel sud del mondo;
- vi è una produzione di gas serra dovuti all'energia consumata nel trasporto e nel trattamento di questi rifiuti;
- vi è l'inquinamento dovuto sia al trattamento che allo stoccaggio con modalità non corrette;
- vi sono tutte le tematiche sociali relative alle *eco-mafie* ed all'invio di questi scarti in paesi del *sud globale* per farne un trattamento economico ma irrispettoso per l'ambiente e per la salute delle persone coinvolte.

Sono tutti aspetti cruciali del problema, sui quali occorrerebbe aumentare la consapevolezza, per stimolare l'adozione di buone pratiche nell'utilizzo dell'informatica.

4. Aumentare la consapevolezza

Proprio per la sua posizione, AICA, impegnata sin dalla fondazione nello sviluppo delle competenze informatiche, ha deciso di affrontare su Mondo Digitale queste tematiche, sotto forma di una rubrica che stimoli l'interesse e la consapevolezza del problema.
Nelle prossime uscite di questa rubrica saranno affrontati vari aspetti di questa problematica:

- una visione generale del problema, che illustri le grandezze in gioco;
- un approccio alla metodica LCA (Life Cycle Assessment);
- gli impatti dell'utilizzo degli smartphone;
- software induced energy consumption e green software;
- il concetto di DNSH (Do Not Significant Harm).

4.1 Lo smaltimento

Nel prossimo numero verranno illustrate le tematiche presenti nelle varie fasi, in modo da fornire una stima di massima del problema; verrà data un'idea di come le varie fasi siano tra loro connesse e soprattutto delle grandezze in gioco, con lo scopo di dare a tutti i lettori una visione di base del problema.

4.2 LCA (Life Cycle Assessment)

Sarà fornito un approccio al tema di LCA (Life Cycle Assessment) spiegando quali siano le tecniche per stimare l'impatto della costruzione e dell'utilizzo di un oggetto informatico, con lo scopo di far capire la complessità dei prodotti e della valutazione dell'impatto ambientale, illustrando le varie tecniche con cui si effettuano le stime.

4.3 Impatti dell'utilizzo degli smartphone

Verranno illustrati gli impatti dell'utilizzo dei dispositivi quali gli smartphone, a partire da dove vengono effettuati realmente i consumi (reti di telecomunicazioni e datacenter che forniscono i servizi in cloud), per concludere con l'impatto del modo di utlizzo e del periodo di utilizzo dei dispositivi; in questa fase si ragionerà sull'impatto delle tariffe "flat", con lo scopo di dare al lettore dei riferimenti per comprendere l'impatto delle proprie abitudini.

4.4 Software induced energy consumption e green software

Per un pubblico più tecnico, di sviluppatori ma anche di curiosi, si illustrerà come affrontare il requisito, solitamente non funzionale, dei consumi energetici correlati all'utilizzo delle applicazioni (software induced energy consumption), introducendo il concetto di *green software* e delle tecniche per svilupparlo.

4.5 Concetto di DNSH (Do Not Significant Harm)

Per comprendere anche l'aspetto delle normative verrà introdotto il concetto di DNSH (Do Not Significant Harm) nella creazione di nuove strutture e servizi e come un approccio possa essere quello del riutilizzo di dispositivi già usati.

Bibliografia

ISO (2006a). Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento (ISO 14040:2006). International Organization for Standardization, Ginevra.

ISO (2006b). Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida (ISO 14044:2006). International Organization for Standardization, Ginevra.

ITU-T (2015). Metodologia per la valutazione dell'impatto ambientale delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (Raccomandazione L.1410). International Telecommunication Union, Ginevra.

Kern, E., Dick, M., Naumann, S., Santarius, T. (2013). Green Software and Green Software Engineering – Definitions, Measurements, and Quality Aspects. In: Proceedings of the First International Conference on Information and Communication Technologies for Sustainability (ICT4S), ETH Zurich, Zurigo.

Sissa, G. (2024). Le emissioni segrete. L'impatto ambientale dell'universo digitale. Il Mulino, Bologna.

Commissione Europea (2021). Orientamenti tecnici sull'applicazione del principio «non arrecare un danno significativo» (DNSH) a norma del regolamento sul dispositivo per la ripresa e la resilienza (2021/C 58/01). Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, Bruxelles.

Parlamento Europeo e Consiglio dell'Unione Europea (2020). Regolamento (UE) 2020/852 relativo all'istituzione di un quadro che favorisce gli investimenti sostenibili e che modifica il regolamento (UE) 2019/2088 (Regolamento Tassonomia). Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, L 198/13, Articolo 17, Bruxelles.



Giovanni Franza

gfranza@mgeng.com

Giovanni Franza, PhD, è informatico con oltre quarant'anni di esperienza nei sistemi di comunicazione e nelle tecnologie dell'informazione. I suoi principali ambiti di interesse comprendono sistemi Linux, reti, sicurezza informatica e sostenibilità delle infrastrutture ICT. Da anni si occupa di analizzare l'impatto ambientale delle tecnologie digitali, promuovendo pratiche di efficienza energetica, riuso delle apparecchiature e impiego di software open source per la riduzione dell'impronta ecologica del settore informatico.

LIFO ante litteram

Pierangelo Indolfi, Politecnico di Bari

Sommario

La struttura dati astratta pila (stack) viene tradizionalmente introdotta nei corsi di programmazione attraverso la sua definizione formale, seguita da esempi applicativi. Questo articolo propone un percorso inverso: mostrare che il principio LIFO affiora spontaneamente in domini del sapere lontanissimi dall'informatica, molto prima che qualcuno pensasse di formalizzarlo. L'archeologia, la neurobiologia, la psicoanalisi, i protocolli di rete, i sistemi operativi a strati, il protocollo di decontaminazione in zona ad alto rischio biologico: ciascuno di questi contesti presenta la stessa geometria, quella in cui l'ordine di deposizione determina l'ordine inverso di accesso. La Torre di Hanoi occupa una posizione speciale in questa galleria: il suo caso rivela che lo stack non è uno strumento scelto per risolvere il problema, ma la struttura profonda del problema stesso. L'articolo discute le implicazioni didattiche di questo approccio, con particolare riferimento ai corsi di Ingegneria dei Sistemi Medicali, dove il dominio applicativo fornisce contesti motivanti di straordinaria concretezza. La tesi di fondo è epistemologica: formalizzare una struttura dati non è scoprire l'acqua calda, ma riconoscere una faccia che era già lì, e restituirla al mondo sotto forma di strumento capace di produrre cose nuove.

Parole chiave: strutture dati, stack, LIFO, didattica dell'informatica, metafore cognitive, ingegneria dei sistemi medicali, ricorsione, Torre di Hanoi

1. Introduzione

Presentare una struttura dati astratta agli studenti di ingegneria seguendo l'ordine canonico – definizione formale seguita da esempi applicativi – produce un effetto prevedibile: lo studente acquisisce il meccanismo senza coglierne il significato. Sa cos'è uno stack, sa che funziona secondo il principio LIFO, sa come usare i comandi push e pop. Ciò che ignora è perché quella struttura esista, quale necessità del mondo reale abbia spinto qualcuno a isolarla e a darle un nome.

Le strutture dati traggono origine dall'osservazione di fenomeni ricorrenti che attendono di essere formalizzati, mentre i libri di testo ne danno notizia solo molto più tardi. Lo stack, in particolare, è un modello che emerge spontaneamente in ambiti molto distanti tra loro, ben prima che l'informatica esistesse come

disciplina. L'archeologia lo incontra ogni volta che uno scavo porta alla luce strati sovrapposti di civiltà. La neurobiologia lo riconosce nell'architettura del sistema nervoso centrale (MacLean, 1990). La psicoanalisi lo utilizza come metafora fondante dell' o (Freud, 1899). La teoria dei protocolli di rete lo formalizza come principio di incapsulamento (Tanenbaum, 2003).
Mostrare tutto questo agli studenti prima ancora di scrivere una sola riga di codice è un atto di onestà intellettuale nei confronti della natura delle idee, oltre che una scelta didattica più efficace (Papert, 1980).

2. Il modello di stratificazione

La proprietà che definisce uno stack, ovvero il fatto che l'ultimo elemento depositato sia il primo ad essere recuperato, è una conseguenza inevitabile di un processo fisico elementare: la stratificazione. Ogni volta che oggetti, eventi o strutture si accumulano nel tempo senza mescolarsi, il risultato è una sequenza in cui l'ordine di deposito determina l'ordine di accesso, e l'elemento più recente occupa la posizione più esposta.
Questo processo è talmente pervasivo da attraversare scale di grandezza e ambiti di conoscenza difficilmente comparabili. Il modello è tuttavia riconoscibile ovunque, con la stessa geometria: qualcosa viene aggiunto sopra, o fuori, o davanti, e per raggiungere ciò che giace in profondità bisogna attraversare a ritroso tutto ciò che era stato depositato strato dopo strato.
Quando uno studente si imbatte per la prima volta nella definizione formale di una pila, riceve un nome e una notazione per qualcosa che ha già incontrato innumerevoli volte, in contesti che non avrebbe mai pensato di collegare. Il compito dell'insegnante è quello di rendere visibile una struttura già presente nell'esperienza dello studente, che attende solo di essere riconosciuta (Polya, 1945).
Le sezioni che seguono analizzano alcune delle manifestazioni più significative di questo modello, scelte per la diversità dei campi che attraversano e per la luce che ciascuna di esse getta su un diverso aspetto della struttura che stiamo descrivendo.

3. Le metafore, una per una

3.1 Archeologia

Quando un archeologo avvia uno scavo, il tempo gli viene incontro in ordine inverso. I reperti più vicini alla superficie appartengono alle civiltà più recenti; quelli più profondi, a quelle più antiche. Ogni strato è sigillato da quello sovrastante, e l'accesso a ciascuno di essi richiede la rimozione di tutti quelli depositati successivamente. Non è possibile estrarre un manufatto romano senza prima attraversare gli strati medievali, rinascimentali e moderni che lo ricoprono.

Questa sequenza non è una scelta metodologica dell'archeologo: è una proprietà fisica del terreno stratificato. L'ordine di deposito, determinato dal tempo, diventa l'ordine inverso di accesso. È la definizione stessa del LIFO, scritta nel terreno millenni prima che qualcuno pensasse di formalizzarla.
L'archeologia offre inoltre un'ulteriore intuizione che i libri di testo raramente rendono esplicita: la stratificazione non distrugge le informazioni, ma le conserva nell'ordine in cui sono state prodotte. Ogni strato è un'istantanea del momento in cui è stato depositato. La sequenza di estrazione, se condotta correttamente, è una macchina del tempo che percorre la storia a ritroso.

3.2 Il sistema nervoso centrale

Il neurologo americano Paul MacLean propose negli anni '60 il modello del cervello triunale: una struttura in cui tre sistemi sovrapposti – il cervello rettiliano, il sistema limbico e la neocorteccia – riflettono altrettante fasi dell'evoluzione dei vertebrati (MacLean, 1990). Le strutture più antiche, che regolano le funzioni vitali di base, si trovano al centro e in profondità. Quelle più recenti, sede delle funzioni cognitive superiori, le avvolgono dall'esterno.
Il modello di MacLean è stato parzialmente rivisto dalla neurobiologia contemporanea, che ne ha messo in discussione la rigidità, ma conserva la sua validità descrittiva come metafora dell'accumulo evolutivo. Ciò che è venuto prima si trova in basso; ciò che è venuto dopo si trova in alto. Per raggiungere le strutture arcaiche bisogna attraversare, almeno anatomicamente, quelle più recenti. La stratificazione evolutiva produce una geometria che qualsiasi informatico riconoscerebbe immediatamente.

3.3 La stratificazione freudiana

Sigmund Freud ha costruito il suo modello della psiche su un'esplicita metafora spaziale: i contenuti repressi affondano nell'inconscio, sepolti sotto strati successivi di vita psichica (Freud, 1899). Il lavoro analitico è un lavoro di scavo, e lo stesso Freud ha utilizzato più volte l'analogia archeologica per descriverlo. Il terapeuta rimuove strato dopo strato il materiale psichico più recente per raggiungere i nuclei profondi, che sono anche i più antichi e i più resistenti.
La direzione è la stessa che si riscontra nell'archeologia e nel cervello triunico: il tempo scorre verso il basso, e risalire verso l'origine significa attraversare a ritroso tutto ciò che era stato depositato strato dopo strato al di sopra. Freud non stava descrivendo una pila, ma utilizzava la stessa geometria.
Un proverbio napoletano, «'A capa è 'na sfoglia 'e cipolla» — la testa è uno strato di cipolla — coglie con popolare concisione la stessa intuizione: la mente è costituita da strati concentrici, ognuno dei quali nasconde quello sottostante, e non si può raggiungere il centro senza passare attraverso quelli esterni. Il proverbio non ha bisogno di Freud per essere vero, ed è probabilmente più antico di lui. È anche, come vedremo, una descrizione sorprendentemente accurata di certi sistemi informatici.

3.4 Il modello ISO-OSI e l'incapsulamento

Il modello ISO-OSI descrive l'architettura delle reti di comunicazione come una sequenza di sette livelli, ciascuno dei quali aggiunge un involucro ai dati che scendono lungo la pila e lo rimuove man mano che risalgono (Tanenbaum, 2003). In trasmissione, ogni livello aggiunge la propria intestazione; in ricezione la rimuove in ordine inverso, fino a consegnare i dati originali all'applicazione.
In questo caso il principio LIFO non riguarda l'ordine temporale di deposito, bensì l'ordine logico di incapsulamento. La simmetria tra trasmissione e ricezione è perfetta, e non è casuale: si tratta di una proprietà strutturale di qualsiasi sistema a livelli in cui ogni livello ignora ciò che si trova al di sopra e al di sotto di esso.

3.5 Macchine virtuali e la struttura a cipolla

La metafora della cipolla, evocata dal proverbio napoletano, si rivela sorprendentemente azzeccata per descrivere l'architettura dei sistemi a livelli. Andrew Tanenbaum, nel descrivere la struttura dei sistemi operativi, utilizza il termine "macchina virtuale" in un senso preciso e più generale rispetto a quello corrente: ogni livello del sistema espone al livello superiore un'interfaccia che astrae tutto ciò che si trova al di sotto, creando l'illusione di una macchina dotata di determinate capacità (Tanenbaum, 2013). L'utente del livello N non sa e non ha bisogno di sapere in che modo il livello N-1 realizzi concretamente ciò che gli viene offerto. In questo senso ogni livello è una macchina virtuale per il livello superiore.
Come per gli strati di una cipolla e quelli della psiche freudiana, non è possibile raggiungere il centro senza attraversare quelli esterni. La differenza rispetto alla cipolla biologica è tuttavia significativa: gli strati di una cipolla crescono tutti insieme, mentre quelli di un sistema a strati sono definiti in sequenza, e tale sequenza determina l'ordine in cui possono essere attraversati. La geometria concentrica della cipolla si combina con la temporalità della pila.
Vale la pena notare che il termine «macchina virtuale» è utilizzato anche, in un senso più ristretto e tecnologicamente più recente, per riferirsi a software come VMware o VirtualBox, che emulano un intero ambiente hardware. Si tratta di un caso di omonimia: il concetto è diverso, anche se la parola è la stessa.

3.6 L'ascensore stretto

Tra tutti gli esempi raccolti, l'ascensore è l'unico in cui il comportamento LIFO non deriva da un'inevitabile proprietà fisica o biologica, ma da una scelta razionale e deliberata. In un ascensore di piccole dimensioni, dove non è possibile cambiare posizione una volta entrati, è conveniente che entrino per primi coloro che devono scendere ai piani più alti: in questo modo, quando arriva il momento, chi deve scendere prima si trova già vicino alla porta.

Nessuna legge fisica impone questa regola. Se le persone entrano nell'ordine sbagliato, l'ascensore funziona comunque, ma chi deve scendere per primo si ritrova intrappolato in fondo. Il LIFO, in questo caso, è una norma di comportamento collettivo che ottimizza l'uso di una risorsa condivisa. Vale la pena notare che questa è anche la situazione più vicina ad alcuni problemi di schedulazione nei sistemi operativi, dove l'ordine di esecuzione dei processi viene scelto deliberatamente per massimizzare l'efficienza (Tanenbaum, 2015).

3.7 Il protocollo di decontaminazione in una camera sterile

In ambito medico, il personale che opera in zone ad alto rischio biologico indossa una serie di dispositivi di protezione individuale (DPI) secondo un ordine preciso e prestabilito: prima i dispositivi a contatto con il corpo, poi quelli che proteggono le vie di accesso più esposte e, infine, quelli che proteggono le mucose. Ogni dispositivo aggiunge uno strato di protezione a quello precedente.
La rimozione dei DPI al termine dell'intervento deve seguire rigorosamente l'ordine inverso. La ragione è di natura biologica: la superficie esterna di ciascun dispositivo è potenzialmente contaminata e rimuovere un dispositivo interno prima di uno esterno significa esporre le mani o il viso alla contaminazione di quest'ultimo durante le manovre successive. Episodi documentati di infezione da Ebola nel personale sanitario sono stati ricondotti proprio a errori nella sequenza di rimozione (OMS, 2014).
Tra tutti gli esempi raccolti in questa sezione, il protocollo di decontaminazione è quello in cui la proprietà LIFO cessa di essere una comodità o una proprietà emergente e diventa un vincolo di sicurezza biologica. La violazione dell'ordine di estrazione non produce un errore logico rilevato da un compilatore: produce un rischio per la vita dell'operatore.

4. La Torre di Hanoi come caso speciale

Tra tutti gli esempi raccolti, la Torre di Hanoi occupa una posizione particolare. Negli altri casi il modello LIFO emerge in fenomeni che esistono indipendentemente dall'informatica, e l'informatica li riconosce e li formalizza. Nella Torre di Hanoi il rapporto è invertito: il problema è stato deliberatamente costruito come un rompicapo matematico, ma la sua soluzione rivela che lo stack è la struttura profonda del problema stesso, non uno strumento scelto per comodità di implementazione.
Il rompicapo, ideato dal matematico francese Édouard Lucas nel 1883 (Lucas, 1883), consiste nel trasferire una torre di dischi di diametro decrescente da un perno di partenza a un perno di destinazione, utilizzando un perno ausiliario, con il vincolo che un disco di diametro maggiore non possa mai essere posizionato sopra uno di diametro minore. Il numero minimo di mosse necessarie per trasferire una torre di n dischi è $2n - 1$.
La soluzione ricorsiva è elegante e ben nota: per spostare n dischi dal piolo A al piolo C utilizzando B come piolo ausiliario, si spostano prima i n-1 dischi superiori da A a B, poi si sposta il disco più grande da A a C, quindi si spostano i n-1 dischi da B a C. La ricorsione si applica a ciascuno dei due sottoproblemi fino a raggiungere il caso base, ovvero un singolo disco, che viene spostato direttamente (Cormen et al., 2009).

Ciò che questa descrizione non rende immediatamente evidente è che ogni chiamata ricorsiva aggiunge un frame allo stack delle chiamate e che la sequenza di esecuzione segue esattamente il principio LIFO: l'ultima chiamata inserita nello stack è la prima ad essere risolta. Un disco non può essere spostato finché tutti quelli impilati sopra di esso non sono stati rimossi: è la definizione stessa di stack, applicata a oggetti fisici di legno o avorio.

La soluzione iterativa del problema della Torre di Hanoi richiede l'uso di uno stack esplicito per simulare ciò che la ricorsione fa implicitamente. Eliminare la ricorsione non elimina lo stack: lo rende semplicemente visibile. Questa è una dimostrazione concreta di un principio che vale in generale: la ricorsione e lo stack sono due facce della stessa struttura, e ogni algoritmo ricorsivo porta al suo interno uno stack, indipendentemente dal fatto che esso emerga o meno nel codice (Knuth, 1968).

5. Implicazioni didattiche

5.1 L'ordine di presentazione

La prassi consolidata prevede che lo stack venga presentato dopo che lo studente ha già acquisito una certa familiarità con la programmazione: viene definita la struttura, ne vengono descritte le operazioni fondamentali e vengono illustrate alcune applicazioni. Questo ordine ha una sua logica, ma chi studia seguendo questa sequenza rischia di apprendere il meccanismo senza coglierne il significato: sa come usare push e pop senza avere un'immagine mentale solida a cui aggrapparsi, conosce la struttura senza capire perché esiste.

Un ordine alternativo consiste nell'invertire la sequenza. Le metafore discusse nelle sezioni precedenti rendono questo approccio fattibile anche con studenti che non hanno ancora affrontato il concetto formale di pila, poiché attingono alle esperienze e alle conoscenze che tali studenti già possiedono.

5.2 La discussione in classe come punto di partenza

Prima di avviare un ambiente di sviluppo, agli studenti viene chiesto di elencare situazioni tratte dalla vita quotidiana o dal proprio percorso di studi in cui qualcosa si accumula per stratificazione e deve essere recuperato in ordine inverso. La discussione che ne segue porta quasi invariabilmente a esempi che coprono l'intero spettro esplorato in questo articolo: qualcuno cita l'archeologia, qualcuno i livelli di rete studiati in un corso precedente, qualcuno il proprio zaino. Il docente raccoglie e organizza le intuizioni già in possesso degli studenti. Solo a questo punto viene definito lo stack, formalizzata la proprietà LIFO e scritto il codice. Il formalismo si presenta come il punto di arrivo di un percorso che lo studente ha già percorso, non come un punto di partenza che richiede uno sforzo di astrazione partendo da zero.

Questa sequenza presenta un ulteriore vantaggio che riguarda la Torre di Hanoi. Quando il rompicapo viene proposto come esercizio dopo che lo studente ha già interiorizzato lo schema LIFO attraverso le metafore,

la soluzione ricorsiva non appare come un espediente matematico da memorizzare. Appare invece come la trasposizione naturale di qualcosa che lo studente riconosce: per spostare il disco più grande bisogna prima rimuovere tutti quelli che si trovano sopra di esso, esat e come in archeologia, esattamente come nella rimozione dei DPI in una sala sterile. La ricorsione diventa comprensibile perché lo schema che essa implementa è già familiare (Polya, 1945).

5.3 Il dominio di applicazione come contesto motivante: il caso dei sistemi medici

Le metafore di uso quotidiano hanno un immediato potere evocativo, ma rischiano di rimanere a livello di semplice illustrazione se non sono ancorate all'ambito professionale a cui è rivolto il corso. Il protocollo di decontaminazione descritto nella sezione 3.7 offre questa opportunità in modo particolarmente diretto: per uno studente di Ingegneria dei sistemi medici non si tratta semplicemente di un altro esempio, ma di un contesto in cui un giorno potrebbe trovarsi a progettare o certificare un vero e proprio sistema informatico (OMS, 2014).

Proporre la modellizzazione di quel protocollo come esercizio di programmazione, con una classe PPE, una classe VestitionProtocol che gestisce una LinkedList utilizzata come stack e un metodo verifyRemoval che segnala le violazioni della sequenza, significa chiedere allo studente di tradurre in codice qualcosa che ha già compreso a livello clinico. La struttura dati viene riconosciuta come lo strumento naturale per modellare un vincolo biologico reale, e lo stack cessa di essere una convenzione da accettare per diventare la risposta a una domanda posta dal dominio stesso.

6. Conclusione

William Butler Yeats, in una poesia breve e densa, immagina una donna che si trucca davanti allo specchio non per vanità, ma per riconoscimento: sta cercando, al di là delle convenzioni che il tempo ha depositato, il volto che aveva prima che il mondo fosse creato (Yeats, 1933). Il gesto è l'opposto di ciò che sembra: non aggiunge, ma scava.

Chi formalizza una struttura dati compie un gesto analogo. Lo stack non è stato inventato da chi ha scritto il primo compilatore: era già presente nel terreno che l'archeologo scava, nell'architettura del sistema nervoso, nella geometria della psiche, nella sequenza rigorosa con cui un operatore sanitario si toglie i dispositivi di protezione in una sala sterile. L'informatica lo ha scoperto, lo ha riconosciuto per quello che era e gli ha dato un nome e un'interfaccia. Ha trovato il volto che era già lì prima che il mondo fosse creato.

Ciò non riduce l'informatica al ruolo di reinventare la ruota. La formalizzazione non è una scoperta passiva: è un atto creativo con conseguenze che il modello originale non conteneva. Il suolo stratificato esiste da miliardi di anni, ma nessun geologo aveva mai pensato di utilizzare la sua logica per gestire le chiamate ricorsive di un algoritmo (Knuth, 1968). La psiche freudiana aveva la geometria di una pila, ma Freud non

avrebbe potuto scrivere un sistema operativo. Il valore aggiunto dell'informatica risiede proprio in questo trasferimento: prendere un modello antico, trasferirlo in un nuovo ambito e scoprire che lì produce risultati impensabili nell'ambito originario.

La donna di Yeats, dopo aver ritrovato il volto originario, non lo tiene per sé: vuole che il suo amato ami quella cosa, quella che esisteva prima che il mondo fosse creato. È un atto di restituzione. L'informatica fa qualcosa di simile: prende un modello che la realtà aveva già prodotto, lo formalizza e lo restituisce al mondo sotto forma di strumento. Con quello strumento si costruiscono compilatori, sistemi operativi, protocolli di rete, software per la gestione delle camere bianche. Il modello era antico; le cose che rende possibili sono nuove.

La questione di quante altre strutture dati abbiano una storia naturale simile a quella dello stack rimane aperta, e vale la pena lasciarla aperta. La coda, la lista, l'albero, il grafo: ciascuno di essi ha probabilmente una propria galleria di manifestazioni pre-informatiche, una propria serie di ambiti in cui il modello emerge prima ancora di essere denominato. Esplorarle con lo stesso metodo applicato in questo articolo costituisce un programma di ricerca didattica che il presente testo non esaurisce ma, si spera, contribuisce ad avviare.

Bibliografia

Cormen, T.H., Leiserson, C.E., Rivest, R.L., Stein, C. (2009). Introduction to Algorithms, 3rd ed. MIT Press, Cambridge (MA).

Freud, S. (1899). Die Traumdeutung. Franz Deuticke, Leipzig-Wien. [Engl. transl.: The Interpretation of Dreams, Basic Books, New York, 1955.]

Knuth, D.E. (1968). The Art of Computer Programming, Vol. 1: Fundamental Algorithms. Addison-Wesley, Reading (MA).

Lucas, É. (1883). Récréations Mathématiques. Gauthier-Villars, Paris.

MacLean, P.D. (1990). The Triune Brain in Evolution: Role in Paleocerebral Functions. Plenum Press, New York.

Papert, S. (1980). Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas. Basic Books, New York.

Polya, G. (1945). How to Solve It. Princeton University Press, Princeton (NJ).

Tanenbaum, A.S. (2003). Computer Networks, 4th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River (NJ).

Tanenbaum, A.S. (2013). Structured Computer Organization, 6th ed. Pearson, Upper Saddle River (NJ).

Tanenbaum, A.S., Bos, H. (2015). Modern Operating Systems, 4th ed. Pearson, Upper Saddle River (NJ).

WHO — World Health Organization (2014). Guidance on Personal Protective Equipment in the Context of Filovirus Disease Outbreak Response. WHO Press, Geneva.

Yeats, W.B. (1933). The Winding Stair and Other Poems. Macmillan, London.



Pierangelo Indolfi

indolfi@gmail.com

Pierangelo Indolfi tiene il corso di Laboratorio di Progettazione Software per gli studenti di Ingegneria dei Sistemi Medici presso il Politecnico di Bari. Con oltre trent'anni di esperienza nella formazione ICT nelle scuole secondarie tecniche, è stato istruttore della Cisco Networking Academy, supervisore ICDL e possiede certificazioni in Arduino, Raspberry Pi e competenze digitali (DigCompEdu C2). È vincitore del MIT App Inventor Foundation Teacher Excellence Award 2023. I suoi interessi di ricerca includono la didattica dell'informatica, le strutture dati astratte e i fondamenti epistemologici dell'educazione informatica.