

Renato Bertoni

INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Cos'è? Come cambierà le nostre vite?

Queste domande ci invitano a conoscere meglio una tecnologia che sta entrando rapidamente nella vita quotidiana, influenzando il modo di lavorare, comunicare e prendere decisioni. Allo stesso tempo ci spingono a riflettere su come queste innovazioni possano dialogare con modelli economici più collaborativi, come l'economia solidale e circolare.

Sintesi degli argomenti
dell'incontro del 18 Marzo 2026



**POLISPORTIVA
SAN FAUSTINO**



Introduzione

L'intelligenza è sempre stata considerata una capacità esclusiva degli esseri viventi, e soprattutto caratteristica della specie umana. Oggi assistiamo alla diffusione di una intelligenza artificiale, una realtà che stiamo vivendo e che ci porta verso un mondo diverso, con moltissimi aspetti di novità.

Nella seconda metà del secolo scorso l'elettronica e l'informatica hanno creato il computer, una macchina che - per la prima volta nella storia - può svolgere compiti molto diversi seguendo delle istruzioni specifiche caricate nella sua memoria. Questa novità ha permesso di creare i "sistemi esperti", cioè delle applicazioni (di natura scientifica, organizzativa, amministrativa...) che operano in moltissimi campi.

Con l'avvento di Internet sono stati anche creati grandi data center, che hanno consentito di memorizzare una quantità enorme di informazioni. La disponibilità di questi dati e di nuove tecniche di programmazione (le reti neurali artificiali) ha consentito di andare oltre la rigida programmazione algoritmica tradizionale, con funzioni che addestrano i sistemi di calcolo a partire dai dati. Oggi abbiamo così strumenti elettronici che operano in modo nuovo, sono capaci di elaborare le informazioni ad una maggiore velocità, e di generare anche degli elementi nuovi.

Lo sviluppo di questa intelligenza artificiale sta cambiando il rapporto tra l'essere umano e gli strumenti informatici, e modificherà anche molti aspetti della società. Mentre a livello individuale essa permea sempre più la nostra vita creando situazioni nuove, a livello collettivo cambia gli scenari socioeconomici, si confronta con gli strumenti tradizionali della democrazia richiedendo regole specifiche per gestire nuove situazioni. Ne nasceranno anche molti problemi nuovi e possibilità di conseguenze oggi non prevedibili.

Lo sviluppo del calcolo automatico

Nei secoli scorsi erano stati prodotti vari congegni capaci di eseguire calcoli, come la "pascalina" del 1642 (dal nome di Blaise Pascal), fino alle più recenti calcolatrici elettromeccaniche come la Olivetti Divisumma¹⁴ del 1947 (la prima calcolatrice meccanica stampante in grado di eseguire le quattro operazioni) basata sul funzionamento di molte centinaia di leve ed ingranaggi.

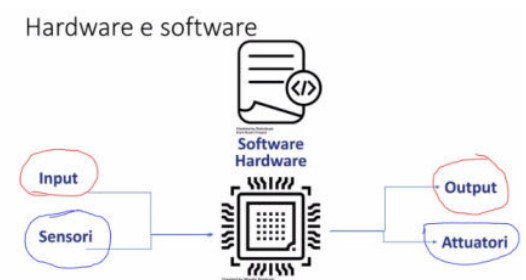
Intorno al 1940 però era stato creato un tipo diverso di calcolatore, che eseguiva per la prima volta dei calcoli aritmetici programmati nella sua memoria utilizzando dei relè elettrici. L'aspetto rivoluzionario di questa macchina consisteva nel fatto che non era basata sul sistema di numerazione a base decimale come le calcolatrici meccaniche, ma su un sistema a base 2, ossia un sistema in cui due sole cifre (0 e 1) permettono di svolgere tutti i calcoli aritmetici. Inoltre assegnando dei codici binari ai caratteri alfabetici, sequenze delle stesse due cifre permettevano di rappresentare le parole. In seguito è stato trovato anche un sistema di codifica per riprodurre con sequenze di numeri anche le immagini, inizialmente in bianco e nero, e in seguito anche un enorme numero di sfumature di colore.

Con l'evoluzione dell'elettronica si passò dai relè alle valvole termoioniche, con le quali fu costruito nel 1946 l'ENIAC, che però richiedeva un enorme consumo di energia. Nel 1947 l'invenzione del transistor consentì di costruire computer molto più compatti e meno energivori, come il TRADIC del 1954 e poi l'Olivetti Elea9003 del 1957.

Mentre continuavano ad essere costruiti i grandi sistemi multiterminale, fecero la loro comparsa le piccole calcolatrici elettroniche, e poi i computer "personal" che si sono diffusi ovunque negli ultimi decenni. Si è passati a dispositivi sempre più piccoli, sempre più portatili e comunque sempre più potenti, fino agli attuali smartphone. Anche le memorie hanno visto un progresso enorme, passando dai kilobyte iniziali agli attuali terabyte (milioni di milioni di byte).

I sistemi esperti

Tutti i computer utilizzano la stessa architettura, illustrata da Von Neumann nel 1945: nel loro interno vengono memorizzate le istruzioni (SOFTWARE) che producono l'elaborazione dei dati controllando il funzionamento dei circuiti elettronici (HARDWARE). Con gli algoritmi opportuni la macchina è in grado di ricevere dati in ingresso da dispositivi o sensori, e di comunicare i risultati in uscita, oppure anche di comandare degli attuatori.



Con algoritmi appropriati il computer emula un comportamento intelligente umano in moltissime situazioni; nel farlo utilizza anche il vantaggio della sua enorme velocità di calcolo, detta scherzosamente in gergo "forza bruta". Un personal computer è in grado di compiere normalmente decine di miliardi di operazioni al secondo

Il computer è stato utilizzato ovunque era necessario eseguire calcoli e/o elaborare dati alfanumerici: banche, aziende, amministrazioni pubbliche di ogni tipo, studi professionali, fino ai giochi di strategia più impegnativi. Queste soluzioni di calcolo sono state classificate come "sistemi esperti"

La velocità di elaborazione può essere sfruttata per esplorare tutte le possibilità di una situazione, come ad esempio nel caso dei giochi di strategia. Ogni gioco ha le sue regole, e le mosse vengono eseguite secondo un set di possibilità. Se pensiamo ad esempio al gioco degli scacchi, ogni giocatore affina una propria strategia e la confronta con le strategie degli avversari. Intorno alla metà degli anni ottanta la IBM creò un gruppo di lavoro per costruire un computer che fosse in grado di giocare a scacchi sfidando giocatori umani. Dopo dieci anni circa, nel 1997 il Deep Blue, un computer costruito a questo scopo, riusciva a battere Garry Kasparov, il campione del mondo del gioco degli scacchi. Si trattava di una macchina capace di memorizzare un numero enorme di partite possibili, e di recuperare in tempo reale la strategia migliore da seguire.

I sistemi esperti funzionano bene in moltissimi campi specifici, ma ogni programma opera soltanto nel contesto per il quale è stato scritto. Inoltre un cambiamento di situazioni o di regole impone di aggiornare il programma. Le

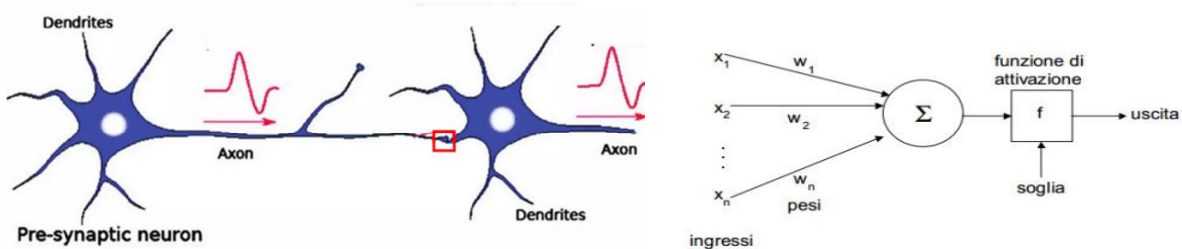
istruzioni hanno in compenso il vantaggio di essere facilmente leggibili, chiare e comprensibili da ogni programmatore, per cui possiamo dire che il funzionamento è trasparente e controllabile.

Ci sono però dei casi in cui diventa impossibile o estremamente difficile creare un algoritmo da eseguire in un computer, a volte a causa di una scarsa conoscenza del problema da risolvere o di una sua eccessiva complessità, oppure quando lo spazio di ricerca delle soluzioni risulta così vasto da richiedere tempi di calcolo enormi. Inoltre sarebbe utile che un software non fosse legato ad una situazione specifica, ma potesse essere utilizzato in più campi di applicazione.

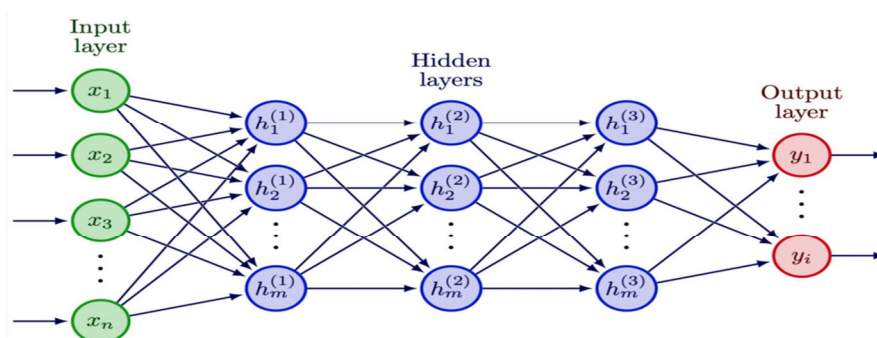
Il “machine learning”.

Nel 1950 Alan Turing si chiedeva se le macchine di calcolo potessero diventare intelligenti, e pensava al metodo di apprendimento naturale dei bambini. Seguendo questa intuizione, oltre alle procedure già in uso da tempo, in questi ultimi anni sono stati sviluppati anche i nuovi algoritmi, che portano i sistemi informatici ad apprendere in modo automatico.

Un punto di riferimento iniziale è stata l'osservazione del funzionamento dei neuroni dell'organismo. Ogni neurone comprende le dendriti, che ricevono dei segnali, ed un assone con cui il neurone inoltra i segnali agli altri neuroni, attraverso delle giunzioni chiamate sinapsi. In base ai segnali ricevuti dalle varie dendriti i neuroni valutano se inoltrare un segnale oppure no. In analogia è stato creato il “neurone artificiale”, un algoritmo di calcolo che partendo da molti dati, a ciascuno dei quali viene assegnato un peso, calcola una somma pesata di questi dati e verifica se una funzione di attivazione raggiunge una soglia tale da produrre una attivazione.



Collegando una grande quantità di questi neuroni artificiali sono state create le reti neurali artificiali, che sono le strutture dell'apprendimento automatico (Machine Learning).



Le reti neurali artificiali si addestrano lavorando su dati che possono riguardare realtà diverse, e quindi sono flessibili e adattabili a vari contesti. Per loro natura tuttavia non forniscono un risultato determinato, ma un risultato di tipo sempre probabilistico.

Possiamo riassumere in una tabella le differenze tra le reti neurali ed i sistemi esperti.

	<i>Sistemi Esperti</i>	Machine learning
<i>Tecnologia</i>	Algoritmi (IF-THEN...)	Reti neurali, deep learning
<i>Apprendimento</i>	Nessun apprendimento	Si addestra sui dati
<i>Adattabilità</i>	Rigido e specifico	Flessibile e adattabile
<i>Spiegabilità</i>	Facile da comprendere	Spesso è una "scatola nera"
<i>Risultato</i>	Determinato	Probabilistico

Nel Machine Learning si ha un apprendimento supervisionato quando abbiamo dei dati etichettati e vogliamo mettere i sistemi in grado di fare delle previsioni; quando invece disponiamo di dati generici e vogliamo trovare schemi e relazioni tra di essi utilizziamo l'apprendimento non supervisionato. Quando poi un sistema deve perfezionare le sue performance è importante l'apprendimento per rinforzo, il cui miglioramento tuttavia richiede un enorme numero di iterazioni, con reti di apprendimento profondo (Deep Learning) enormemente complesse, considerando la quantità dei dati iniziali, il numero di neuroni ed i loro collegamenti, il numero dei livelli della rete e la quantità dei dati in uscita.

Addestra-mento	Supervisionato	Non Supervisionato	Per Rinforzo
Quando usarlo?	Se abbiamo dati etichettati e vogliamo fare previsioni.	Quando vogliamo esplorare dati senza etichette per trovare schemi e relazioni.	Quando un agente deve apprendere mediante tentativi ed errori.
Esempi concreti	Riconoscimento facciale, diagnosi medica, traduzione automatica, Riconoscimento ambientale (GA)	Segmentazione clienti, riduzione della dimensionalità, rilevamento anomalie Amazon, Netflix, NLP	Robotica, guida autonoma, giochi e videogiochi, finanza, medicina, gestioni complesse
Problemi	Richiede dataset etichettati, che possono essere costosi da ottenere.	Difficile valutare la qualità delle strutture trovate.	Può richiedere molte iterazioni per apprendere una strategia efficace.

L'apprendimento automatico ha permesso di classificare dati, prendere decisioni, realizzare processi di apprendimento che sfruttano le esperienze passate e migliorano le prestazioni nel tempo. Ha consentito il riconoscimento di oggetti e di persone, la comprensione del parlato e tanti altri risultati, ha aperto la possibilità di creare sistemi che si adattino alle variazioni dell'ambiente operativo.

Questi risultati si sono ottenuti soprattutto negli ultimi 15 anni, a partire dal 2010 con il riconoscimento del parlato, nel 2012 con il riconoscimento di oggetti nelle immagini, nel 2014 con la traduzione automatica. Dal 2015-2016 si arriva anche all'autoapprendimento cioè una funzionalità che permette di utilizzare il sistema stesso per migliorare l'apprendimento.

Anche il modo di gestire le strategie di gioco è cambiato. Il gioco del GO è noto per essere uno dei più complessi, perché prevede un numero enorme di possibilità di gioco. La società DeepMind di Google ha sviluppato con l'apprendimento automatico un software per il gioco del GO, che è stato il primo software in grado di sconfiggere nel 2016 un maestro umano, il campione del mondo Lee Se-dol. La versione successiva (AlphaGO Zero) è basata sull'apprendimento di rinforzo.

Nell'apprendimento approfondito (DL), occorrono reti neurali profonde e una enorme quantità di dati; l'addestramento richiede la disponibilità di sistemi con enormi prestazioni, l'uso di processori molto potenti (GPU, TPU) e un consumo di energia molto elevato. Un centro di calcolo paragonabile a quelli che sviluppano l'intelligenza artificiale per conto delle grandi società, è il sistema Leonardo installato a Bologna. Molto più potenti sono i data center delle maggiori aziende: Alphabet (Servizi di Google), Meta (Facebook, Instagram, WhatsApp...). Microsoft.

Con questi strumenti si addestrano oggi i sistemi in grado di compiere le operazioni che noi chiamiamo "intelligenza artificiale": l'elaborazione del linguaggio naturale, le funzioni del parlato e le funzioni visive, la robotica e varie altre applicazioni, in grado anche di estendere e potenziare i sistemi esperti. La maggior parte di queste funzioni di addestramento si avvale del Deep Learning, e del supporto dei data center delle più grandi aziende mondiali.

L'intelligenza artificiale generativa

Negli ultimi anni sono state sviluppate nuove capacità specifiche, come la intelligenza artificiale generativa, che a partire da dati esistenti è in grado di creare nuovi contenuti e idee, tra cui conversazioni, storie, immagini, video e musica. E' il passo successivo al riconoscimento delle immagini, all'elaborazione del linguaggio naturale (NLP) e alla traduzione. Può essere addestrata a imparare il linguaggio umano, i linguaggi di programmazione, l'arte, la chimica, la biologia o altri argomenti; riutilizza i dati dell'addestramento per risolvere nuovi problemi.

La sua caratteristica di creatività e adattabilità la mette in grado di reagire in modo contestuale, di comprendere dei testi, e di rispondere a delle richieste, ad esempio scrivendo articoli, generando immagini, componendo musica oppure scrivendo istruzioni software. La capacità di rispondere in modo naturale nelle conversazioni con gli esseri umani l'ha resa nota a professionisti e studenti, ed anche alle persone comuni.

Alla base ci sono i modelli fondamentali (FM), modelli di machine learning addestrati su un ampio spettro di dati generalizzati e senza etichette. Sono in grado di eseguire un'ampia varietà di attività generali. In generale, un FM utilizza schemi e relazioni appresi per prevedere l'elemento successivo in una sequenza.

Nella generazione di immagini, il modello base analizza l'immagine e ne crea una versione sempre più nitida e definita. Nell'elaborazione dei testi il modello prevede la parola successiva in una stringa di testo, in base alle parole precedenti e al loro contesto; seleziona la parola successiva utilizzando tecniche di distribuzione della probabilità.

Una sottoclasse dei modelli fondamentali è quella dei grandi modelli linguistici (LLM), addestrati in modo specifico su compiti relativi al linguaggio, come il riassunto, la generazione di testi, la classificazione, la conversazione aperta e l'estrazione di informazioni. Gli LLM possono lavorare su miliardi di parametri e generare contenuti a partire da input molto limitati. Con il preaddestramento su una enorme quantità di dati in tutte le loro varie forme e con una miriade di pattern, imparano ad applicare le proprie conoscenze in un'ampia gamma di contesti; a questo scopo vengono utilizzate reti neurali profonde con modelli avanzati in grado di riconoscere gli schemi e generare degli output coerenti.

L'intelligenza artificiale generativa si è sviluppata negli ultimi anni.

2015	DeepDream (Google)
2019	Runway (Runway AI)
2022	DALL·E (OpenAI)
2022	ChatGPT (OpenAI)
2023	Claude (Anthropic), MetaAI, Gemini (Google),
2025	DeepSeek,

Un grosso problema di questi sistemi è la affidabilità: soprattutto nelle prime fasi di addestramento possono commettere errori o fornire informazioni inesatte, come conseguenza del loro funzionamento di tipo probabilistico.

I modelli basati su trasformatori (transformer) usano un meccanismo di auto-attenzione: valutano l'importanza delle diverse parti di una sequenza di input; infatti la codifica di un elemento della sequenza dipende non solo dall'elemento stesso ma anche dal suo contesto all'interno della sequenza. L'auto-attenzione si concentra sulle parole pertinenti mentre il modello elabora ogni parola, per considerare contemporaneamente vari aspetti dei dati, dalla sintassi grammaticale ai significati semantici complessi.

A che punto siamo?

La possibilità di ottenere - da dispositivi che utilizziamo già - delle risposte simili a quelle che potrebbe darci un essere umano, ci ricorda un articolo scritto da Alan Turing nel 1950, in cui egli chiedeva se si potesse pensare a macchine in grado di competere con gli uomini in campo intellettuale, usando il metodo di insegnamento normale per un bambino. Nello stesso articolo indicava anche come riconoscere l'intelligenza di un computer, attraverso il gioco dell'imitazione.

Oggi dei test di intelligenza indicano che vari sistemi di IA sono capaci di funzioni mentali con risultati superiori a quelli di un essere umano medio. Molti modelli di IA generativa continuano a fare passi da gigante e hanno trovato applicazioni in diversi settori. I ricercatori desiderano anche creare testi, immagini, video e discorsi che siano sempre più simili a quelli umani. Dobbiamo avere tuttavia ben chiaro che l'intelligenza della macchina compete soltanto con la nostra intelligenza mentale, e questa rappresenta soltanto una piccola parte della complessità di ogni persona umana.

Con la intelligenza artificiale cambierà tutto?

Dobbiamo considerare con attenzione gli effetti della intelligenza artificiale sulla nostra vita individuale e sulla società umana, cercando di considerare le prospettive che si aprono, senza però dimenticare i problemi che questa novità sta sollevando fin da ora.

L'intelligenza artificiale è sempre più presente **nella nostra vita quotidiana**. Stabilisce una relazione stretta e personale con ciascuno di noi. La dettatura di testi, le traduzioni istantanee, l'indicazione dei percorsi stradali e la gestione sicura dei pagamenti elettronici richiedono una forma di registrazione. Anche il solo attivare uno smartphone richiede di registrarsi, con disponibilità a comunicare dati personali. La richiesta di questi dati viene motivata dall'esigenza di una gestione più accurata dei servizi, anche per farci trovare più facilmente le informazioni ed i prodotti che desideriamo, oppure per suggerirci i contatti più affini a noi. Mentre siamo collegati in rete viene arricchito il profilo che ci riguarda con informazioni sempre più aggiornate e complete; i provider dei servizi possono così catturare meglio la nostra attenzione, inviarci messaggi più mirati, classificare le nostre opinioni ed emozioni. Con l'intelligenza artificiale la profilazione può essere resa sempre più accurata ed ancor più personalizzata.

Passare molto tempo in rete e nel mondo virtuale ha su di noi vari effetti: a volte perdiamo la nozione del tempo che passiamo in rete; le continue distrazioni dovute all'eccesso di comunicazione diminuiscono la soglia della nostra attenzione e la capacità di rimanere concentrati; ci abituiamo a gratificazioni istantanee e comunicazioni veloci. Nell'alternanza tra la vita reale ed il mondo virtuale rischiamo di trovarci confusi, se non restiamo aderenti alla realtà, con attività fisica, rilassamento e rapporti profondi con le persone reali. Stare molto concentrati sui dispositivi di comunicazione può creare disturbi fisiologici, oltre ai pericoli che possono derivare dalla disattenzione.

Passando agli **effetti sulla società umana**, l'utilizzo dell'intelligenza artificiale avrà un enorme impatto sul mondo del lavoro, dove il supporto riguarderà quasi tutti i settori e le mansioni attuali. Ci saranno anche grandi conseguenze sull'economia mondiale: una crescita economica veloce aumenterà il divario di ricchezza tra gli stati e l'importanza delle aziende tecnologiche produttrici. Dal punto di vista sociale, molti lavori ripetitivi verranno sostituiti dall'intelligenza artificiale, che richiederà professionalità nuove, mentre un esubero di forza lavoro metterà in crisi il sistema fiscale e la previdenza.

Se l'intelligenza artificiale ricava dai modelli di addestramento dei pregiudizi - di genere o razziali o economici - può favorire una ulteriore emarginazione delle minoranze e delle diversità, rinforzando le opinioni delle maggioranze.

Anche le modalità della partecipazione democratica dovranno essere aggiornate, per consentire ai cittadini di conoscere le regole ed il ruolo della intelligenza artificiale per controllare e bilanciare i suoi effetti.

Nascono esigenze di nuove regole, per definire la qualità ed i limiti della comunicazione gestita dall'intelligenza artificiale, le modalità di rispetto della privacy, la sicurezza, i diritti ed anche i doveri degli utenti. L'Unione Europea ha definito diversi livelli di rischio, indicando per ciascuno le norme da rispettare.

Molti problemi potranno essere affrontati e risolti con l'intelligenza artificiale; con i suoi sistemi ed applicazioni saranno svolte decine di attività nei settori della produzione (con una migliore programmazione e la disponibilità di strumenti sempre più intelligenti), e della logistica, che potrà essere meglio organizzata utilizzando anche veicoli autonomi capaci di muoversi negli spazi esterni. L'intelligenza artificiale fornirà strumenti nuovi alla medicina, supportando anche diagnosi e trattamenti più personalizzati. Si stanno facendo investimenti per la costruzione di macchine intelligenti ed anche di robot umanoidi, che operano emulando il comportamento degli esseri umani

Però l'intelligenza artificiale crea anche problemi nuovi, di cui è importante pre-occuparsi. Anzitutto accentua le disparità dell'economia mondiale, offrendo strumenti nuovi ai paesi economicamente potenti, a scapito di quelli meno sviluppati. E' uno strumento che può permettere una maggiore manipolazione dell'opinione pubblica, il consolidamento di discriminazioni, la riduzione dello spazio della privacy delle persone ed una enorme capacità di controllo. Si aprono anche questioni nuove riguardo alla responsabilità legale di azioni compiute con il coinvolgimento dell'intelligenza artificiale. Purtroppo vediamo anche che l'intelligenza artificiale sta portando alla creazione di armamenti con forza distruttiva sempre maggiore. Infine c'è la preoccupazione che gli strumenti della intelligenza artificiale possano arrivare a sviluppi non più controllabili, con effetti imprevedibili e potenzialmente dannosi.

Gli sviluppi delle potenzialità tecnologiche devono rispettare la dignità umana e le questioni etiche. Anche mentre delega dei compiti all'intelligenza artificiale, l'uomo deve sempre mantenerne il controllo e riservarsi l'autonomia delle decisioni. In definitiva **le questioni relative alla intelligenza artificiale richiedono risposte culturali e politiche**, che prevalgano sugli aspetti tecnici e li controllino. Purtroppo le difficoltà reali nascono dai limiti dell'intelligenza umana, che si riflettono nella mentalità prevalente nella società. Come ha scritto qualcuno, *“abbiamo lo stesso fisico della preistoria ed istituzioni nate nell'antichità, mentre oggi possediamo delle tecnologie micidiali”*. Auguriamoci di evolvere in fretta verso **un'intelligenza umana che sappia unire la mente e il cuore**, per creare una società rispettosa della nostra vita e della vita che vediamo riflessa intorno a noi in tutti gli esseri viventi; dobbiamo costruire una **tecnologia attenta anche alla conservazione dell'ambiente naturale**, culla e supporto della vita sul nostro pianeta.