

ChatGPT

e l'intelligenza artificiale

scuola, quale futuro?

Paolo LILLO in collaborazione con ChatGPT - grafica by DALL-E

copertina: l'intelligenza artificiale DALL-E interpreta il futuro della scuola in stile Salvador Dalí



Introduzione

L'obiettivo di questo articolo è quello di aiutare il lettore a comprendere l'eccezionalità dell'uragano "ChatGPT" e di stimolare una riflessione sulle potenziali ricadute dell'Intelligenza Artificiale sulle dinamiche dell'educazione scolastica.

Ritengo che, se gestito con intelligenza e lungimiranza dall'istituzione scolastica, l'effetto di questa tecnologia sulla didattica non possa che produrre effetti eccezionalmente positivi. Come ogni nuovo "strumento", l'AI va usato con cura, predisponendo ogni accorgimento utile a prevenirne un uso distorto sia da parte degli studenti che da parte dei docenti.

La prima parte dell'articolo introduce gli aspetti "rivoluzionari" dell'evento e chiarisce **cosa ChatGPT è e cosa non è**, evidenziando soprattutto la differenza tra il concetto di "intelligenza conversazionale" e quello di "motore di ricerca".

L'articolo prosegue con alcuni esempi di uso di ChatGPT in diversi ambiti (giurisprudenziale, letterario, matematico e linguistico), per fornire idee sulle potenzialità, l'applicabilità ma anche i limiti della tecnologia, limiti a cui è dedicato il successivo paragrafo "*Limiti di ChatGPT*" che propone anche una divertente (lo è stata per me!) auto-sperimentazione finalizzata a una comprensione, assolutamente non scientifica, di concetti come "**memoria**" e "**logica**"; l'intenzione è quella di "concretizzare" l'idea molto sfuggente di "intelligenza" in quanto principale "indagata" in questa discussione sulla natura di ChatGPT. Tale analisi ha anche lo scopo di fare emergere con la maggiore naturalezza possibile il fondamentale contributo della "**volontà**" e della "**emotività**" sugli aspetti cognitivi dell'apprendimento; il lettore mi perdonerà la mancanza di rigore epistemologico nell'approccio alla questione ma spero che ne apprezzi il carico emotivo; sono del resto convinto che l'efficacia di un'azione didattica scaturisca da una giusta combinazione tra **tecnica e comunicazione**, quest'ultima strettamente connessa alle sfere motivazionali e emozionali di docente e alunno.

Chiude l'articolo un paragrafo dedicato ad alcune considerazioni personali e idee su come affrontare e orientare gli effetti di ChatGPT sulla didattica.

La chiusura dell'articolo ha lo scopo di introdurre il metodo scientifico dietro la "magia" tecnologica con alcune brevi note tecniche su elementi di linguistica e di matematica.

Chiamiamola pure “rivoluzione”

La visione della storia, nota come “materialista”, attribuisce allo sviluppo di nuove tecnologie la causa delle rivoluzioni sociali che periodicamente travolgono gli equilibri costituiti producendo nuove abitudini e nuovi schemi.

Percorrendo una lunga strada che parte dalla scoperta del fuoco e attraversa la storia del mondo, il genere umano ha imparato gradualmente a controllare la natura riconducendola, spesso maldestramente, ai propri scopi.

Alcune evoluzioni tecniche, modificando mestieri, abitudini e relazioni hanno causato momenti di frattura degli equilibri sociali generando forme di rivoluzione più o meno violenta in funzione del contesto geopolitico, sino al ristabilimento dei nuovi equilibri.

Dall’invenzione della stampa di Gutenberg è stata probabilmente proprio l’evoluzione tecnica della comunicazione (o dell’informazione, diremmo oggi) a causare trasformazioni epocali della società. A partire dai primi anni ‘80 dello scorso secolo computer e “reti”, rendendo più rapidi i processi di elaborazione dei dati e di trasferimento delle informazioni, hanno in breve tempo, radicalmente, cambiato il modo di vivere e di lavorare rendendo obsoleti alcuni mestieri e introducendone (tanti) di nuovi.

Ci sono due tecnologie che in modo “latente”, quasi oscuro ai più, recentemente stanno permeando ogni aspetto della quotidianità: la cosiddetta “**Intelligenza Artificiale (AI)**” e la “**Blockchain**”. Non parlerò in questo articolo della “Blockchain”, tecnologia che al pari e forse anche più della AI risveglia in me entusiasmi “sociali” anestetizzati dal tempo; mi soffermerò invece sull’impatto dell’Intelligenza Artificiale sulla formazione, soprattutto quella scolastica che, rispetto a quella universitaria in cui è legittimo attendersi dagli studenti un maggiore livello di autonomia e di responsabilità, attribuisce all’intero corpo docente non solo il ruolo di formatore ma soprattutto quelli di educatore e di tutore.

Porre tale attenzione sul tema è tanto più opportuno dopo il recentissimo e dirompente avvento di **ChatGPT**, tecnicamente un “chat-bot” cioè un servizio di AI “conversazionale”, che rende sorprendentemente facile dialogare con l’intelligenza artificiale su qualunque tema e questione ottenendo risposte normalmente sensate, ricche di sfumature e interpretazioni in grado di stimolare e arricchire chiunque ne faccia uso.

Accesso all’informazione: inversione del paradigma

Prima dell’avvento di ChatGPT già altri sistemi facevano intravedere le potenzialità di una intelligenza “conversazionale”; tali potenzialità sono state concretizzate molto presto da ChatGPT che nel giro di appena due mesi è assurta a fenomeno globale.

Il più grande errore nel cercare di comprendere “cosa sia ChatGPT” è quello di pensare che sia una forma alternativa di motore di ricerca, tipo Google.

Ci sono grandi differenze tra una Intelligenza Artificiale come ChatGPT e un motore di ricerca tradizionale, tipo Google: un motore di ricerca tradizionale ha come obiettivo quello di cercare nel web i documenti esistenti (tra quelli esaminati e indicizzati) più

rilevanti per soddisfare una specifica richiesta fatta dall'utente per mezzo di parole chiave (che compongono l'indice).

La figura 1 illustra il funzionamento del motore di ricerca evidenziando le fasi:

- di **indicizzazione**, attuata dal processo di "crawling" eseguito continuamente dal motore di ricerca; centinaia e centinaia di macchine delle farm di Google "navigano" il web scaricando pagine e documenti con l'obiettivo di estrarne le parole significative (*keywords*) e aggiornare un indice, consistente nella lista di *keywords* ognuna associata alla sua lista di indirizzi (*links*);
- di **interrogazione da parte dell'utente** che (1) effettua una richiesta indicando alcune parole chiave, (2) riceve dal motore una lista di indirizzi estratti dall'indice nell'ordine (*ranking*) che il motore ritiene adeguato alla richiesta e infine (3) accede per mezzo degli indirizzi ai documenti nel web.

Attenzione: per essere accessibili i documenti devono continuare a esistere all'indirizzo con cui sono stati inseriti nell'indice: in altri termini il motore di ricerca effettua "solo" un lavoro di indicizzazione dei documenti in modo da poterli rintracciare velocemente alla richiesta degli utenti. Dunque un motore di ricerca **non genera documenti** ma "aiuta" a rintracciarli.

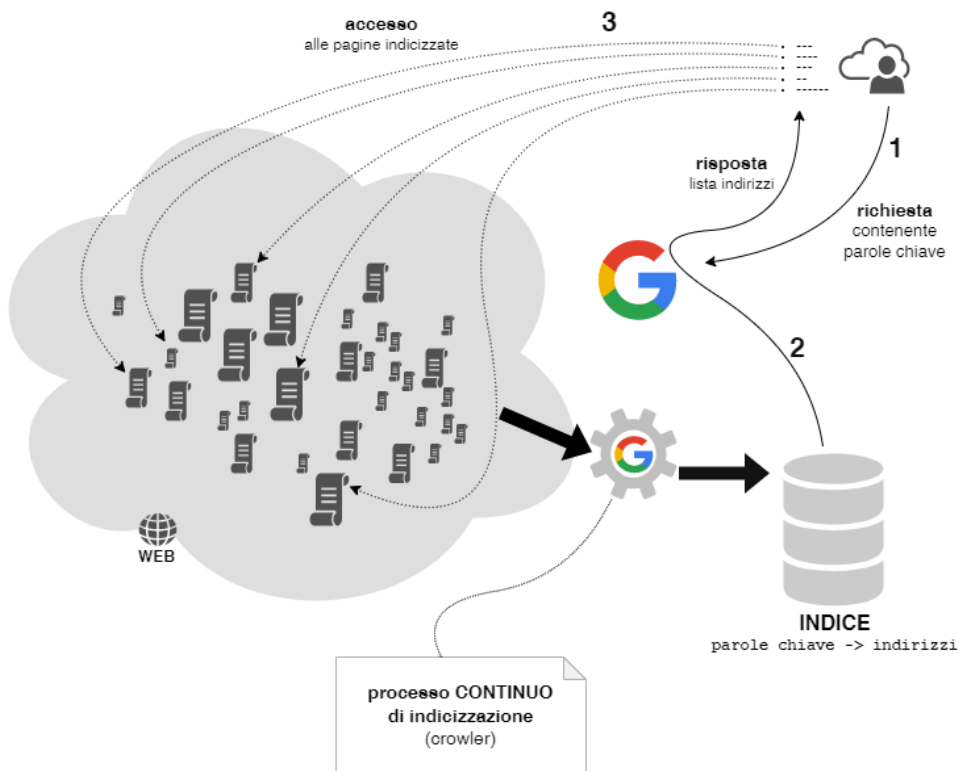


figura 1

ChatGPT è invece un modello di "generazione di testo": il suo obiettivo è quello di produrre il testo ritenuto probabilisticamente più adeguato in risposta all'input (sempre testuale)

fornito dall'utente. Per essere capace di generare "intelligentemente" del testo, ChatGPT ha bisogno di una fase di "apprendimento" (parte inferiore della figura 2) durante la quale, accedendo a fonti di vario tipo (web e basi di dati di varia natura), costruisce un modello che tiene traccia delle relazioni tra parole e simboli a vari livelli di astrazione cioè secondo livelli di complessità grammaticale e semantica crescenti.

Attenzione: ChatGPT **non memorizza i documenti** usati nella fase di apprendimento ma per addestrare il modello (durante tale fase detta di "machine-learning") analizza i documenti e "impara" a riconoscere schemi e relazioni tra le parole e le frasi. Queste relazioni vengono quindi utilizzate per generare risposte appropriate in base al contesto della conversazione. In generale le regole del linguaggio sono apprese per mezzo di una "rete neurale", un modello matematico che non richiede la memorizzazione completa dei documenti utilizzati durante l'addestramento.

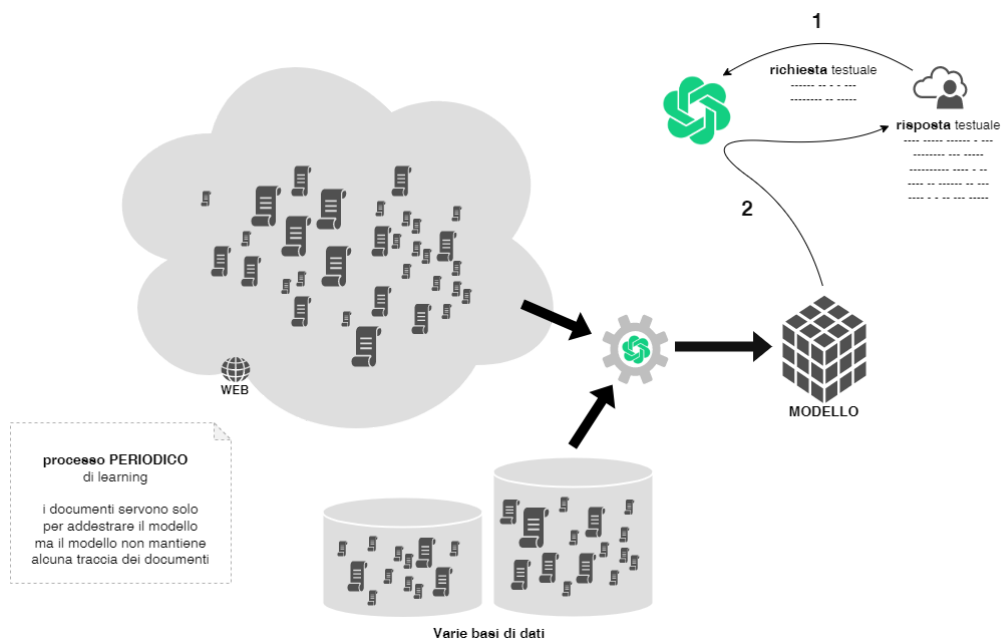


figura 2

A volere usare una metafora (neanche troppo lontana dalla realtà dei fatti) il meccanismo usato da ChatGPT è come se codificasse nel modello tanto la struttura di un "linguaggio universale (un "meta-linguaggio") quanto la capacità di riprodurre la "conoscenza" acquisita dall'analisi delle fonti. Capacità che può migliorare e aumentare acquisendo nel tempo ulteriori fonti.

Non ho paura di essere smentito affermando che ChatGPT nella sua capacità di generare testo partendo dal suo raffinato modello di conoscenza è certamente "**generatore di informazione**", non meno di quanto possa essere definita "informazione" una sintesi della "la critica della ragion pura" di Kant fatta da una persona di media cultura; questo il risultato delle seguente richiesta a ChatGPT:

puoi sintetizzare in 50 parole la "critica della ragion pura" di Kant?

La "Critica della ragion pura" di Immanuel Kant è un'opera fondamentale della filosofia moderna. Il libro esplora i limiti e le possibilità della ragione umana e indaga sui fondamenti della conoscenza e della verità. Kant sostiene che la ragione umana ha due aspetti: la ragion pura e la ragion pratica. La ragion pura si concentra sulla conoscenza teorica mentre la ragion pratica si occupa dell'azione. Kant sostiene che la conoscenza umana è limitata dalle categorie innate con cui la mente organizza l'esperienza e che non è possibile conoscere ciò che è al di là dell'esperienza sensibile. Inoltre, afferma che la verità non può essere dimostrata attraverso la ragione, ma solo attraverso la fede.

Strabiliante, no?

Sintetizzerei dunque affermando che **ChatGPT produce informazione mentre un motore di ricerca non ne è lontanamente capace.**

Alcuni esempi di uso di ChatGPT

In ambito giurisprudenziale

Ho recentemente letto su Fanpage un articolo dal titolo "ChatGPT ha superato per la prima volta un esame di giurisprudenza"; questo articolo è accessibile, al momento della scrittura di questo documento, all'indirizzo:

<https://www.fanpage.it/innovazione/tecnologia/chatgpt-ha-superato-per-la-prima-volta-un-esame-di-giurisprudenza/>

Ho copiato e incollato l'intero articolo su ChatGPT chiedendo di produrne una sintesi, con il seguente, testuale, istantaneo risultato:

E' notizia recente che quattro professori Università del Minnesota, la 21° migliore scuola di legge del Paese, secondo US News & World Report, hanno testato ChatGPT facendogli rispondere alle domande degli esami scritti di giurisprudenza. Gli esami di ChatGPT sono stati mischiati con quelli degli studenti e corretti alla cieca. L'esperimento ha mostrato che ChatGPT è più forte nella scrittura libera rispetto alle domande a crocette e che le sue risposte sono solide, ma non sempre pertinenti. In generale, i professori hanno valutato ChatGPT come uno studente di giurisprudenza mediocre, con valutazioni oscillanti tra C+ e B+, comunque sufficienti per il superamento del semestre.

Sempre sul tema della Giurisprudenza è recente la notizia della startup "DoNotPay" che offrirà a un suo cliente, per difendersi in una causa su una multa per eccesso di velocità, il suo chat-bot che è basato sulla tecnologia GPT e specializzato su questioni di diritto. Il cliente in tribunale si difenderà utilizzando un'app installata sul suo smartphone: l'applicazione ascolterà in tempo reale le argomentazioni del tribunale e riferirà all'imputato come rispondere.

In ambito letterario

Ho cercato in rete una traccia per una verifica di Italiano trovandone una su simbolismo ed estetismo del Decadentismo, da sviluppare rispondendo alle seguenti domande:

Cosa indica il termine decadentismo?

Spiega quali sono le caratteristiche essenziali del Decadentismo.

Come si colloca il Decadentismo rispetto al Positivismo?

In quale periodo storico si sviluppa il decadentismo?

questa la risposta, testuale:

Il decadentismo è un movimento culturale e letterario che si sviluppa alla fine del XIX secolo, principalmente in Francia e in Inghilterra, ma anche in altri paesi europei come Germania, Italia e Russia. Si caratterizza per una visione pessimistica e disincantata della vita, una critica alla modernità e alla società borghese, una ricerca di nuove forme espressive e un interesse per l'estetismo e l'eccentricità.

Le caratteristiche essenziali del Decadentismo sono:

- *una visione pessimistica e disincantata della vita, spesso espressa attraverso temi come la morte, la malattia, la follia e la degenerazione;*
- *una critica alla modernità e alla società borghese, vista come superficiale, ipocrita e corrotta;*
- *una ricerca di nuove forme espressive, spesso attraverso l'uso di immagini e simboli archetipici, la sperimentazione linguistica e la creazione di un'estetica del dolore e del disgusto;*
- *un interesse per l'estetismo e l'eccentricità, spesso espresso attraverso la figura dell'artista maledetto e la celebrazione dell'individualismo e delle devianze.*

Il Decadentismo si colloca in contrasto con il Positivismo, una corrente filosofica e scientifica che sosteneva l'importanza del progresso, della razionalità e dell'oggettività nella comprensione del mondo. Il Decadentismo, invece, metteva in dubbio la possibilità di un progresso reale e criticava la pretesa di oggettività del Positivismo, sostenendo la necessità di una visione più soggettiva e personale della realtà.

Il Decadentismo si sviluppa principalmente nel periodo storico tra la fine del XIX secolo e l'inizio del XX secolo, un periodo di grandi cambiamenti sociali, culturali e scientifici, caratterizzato dalla crescita delle città, dallo sviluppo delle nuove tecnologie, dalla diffusione delle idee socialiste e femministe, ma anche dalla crisi economica, dalla guerra e dalla scoperta di nuove malattie.

Riporto un secondo esempio di "creatività emulativa": chiedo a ChaGPT quanto segue:

Come scriverebbe Edgar Allan Poe la storia di "Cappuccetto Rosso"?

risposta testuale:

Edgar Allan Poe scriveva spesso di mistero e suspense, e la sua versione della storia di "Cappuccetto Rosso" non sarebbe stata diversa. La storia sarebbe iniziata con Cappuccetto Rosso che cammina attraverso i boschi bui e sinistri, sentendo la presenza di qualcosa di minaccioso che la segue. La sua immaginazione sarebbe andata al di là dei limiti della realtà, rendendola sempre più spaventata da ogni scricchiolio e fruscio nel bosco.

La descrizione del lupo sarebbe stata cupa e terrificante, con occhi fiammeggianti e zanne affilate che brulicano di malvagità. Cappuccetto Rosso sarebbe stato descritto come una giovane donna indifesa, intrappolata in un incubo senza fine.

La scena dell'incontro tra Cappuccetto Rosso e il lupo sarebbe stata descritta in modo sinistro e spaventoso, con il lupo che sorride malvagiamente e cerca di ingannare la ragazza con parole dolci. La sua voce sarebbe stata descritta come un sussurro serpentino che prometteva la pace, ma che in realtà nascondeva la vera intenzione di attaccare e uccidere.

La fine della storia sarebbe stata ancora più sconvolgente, con Cappuccetto Rosso che scopre che il lupo era in realtà il nonno trasformato in un mostro assetato di sangue. La descrizione della sua morte sarebbe stata intensa e emotiva, con Cappuccetto Rosso che lotta fino all'ultimo respiro per sfuggire alla stretta del lupo.

In ambito matematico

Ho sottoposto varie questioni di matematica con risultati più che soddisfacenti ma voglio riportare un caso di **parziale insuccesso** ma che probabilmente risulterà al lettore ancora più sorprendente per la dinamica della conversazione, che riporto testualmente:

quale è la soluzione dell'equazione $\log(x) > 0$?

La soluzione dell'equazione $\log(x) > 0$ è l'insieme di tutti i valori di x per i quali $\log(x)$ è maggiore di zero.

In generale, il logaritmo è una funzione monotona crescente per $x > 0$, quindi l'equazione $\log(x) > 0$ ha come soluzione $x > 1$.

In particolare, $x > 1$

sei sicuro?????

Mi scuso, mi sono sbagliato nella prima risposta. La soluzione dell'equazione $\log(x) > 0$ è $x > 1$, in quanto se $x < 1$ il logaritmo di x è negativo e non è possibile avere un logaritmo maggiore di 0.

Mi scuso ancora per l'errore nella prima risposta.

In questo caso la prima risposta era palesemente e gravemente errata ma dopo la mia chiara protesta ("sei sicuro????") ChatGPT ha immediatamente riconosciuto l'errore e risposto correttamente (sia pure con una forma un pò incerta), scusandosi esattamente come avrebbe fatto un educato interlocutore umano!

Si tenga presente che ChatGPT fa uso di meccanismi di auto-apprendimento integrando nel suo meccanismo di "learning" (detto "machine-learning") ogni feedback ricevuto dagli utenti nel corso delle discussioni. Gli errori saranno dunque nel tempo sempre di meno, in ogni ambito discorsivo!

In ambito linguistico

Insegno informatica, con buona conoscenza dell'inglese, lacunosissima di latino e pressochè nulla di francese, dunque il lettore mi scuserà se evito di valutare la correttezza delle risposte.

Ho sottoposto a ChatGPT il lavoro di traduzione in latino, inglese e francese di un breve aforisma di Friedrich Nietzsche, pensatore a me molto caro, tratto da "Così parlò Zarathustra":

Potrei credere solo a un dio che sapesse danzare. E quando ho visto il mio demonio, l'ho sempre trovato serio, radicale, profondo, solenne: era lo spirito di gravità, grazie a lui tutte le cose cadono. Non con la collera, col riso si uccide. Orsù, uccidiamo lo spirito di gravità. Ho imparato ad andare: da quel momento mi lascio correre. Ho imparato a volare: da quel momento non voglio più essere urtato per smuovermi. Adesso sono lieve, adesso io volo, adesso vedo al di sotto di me, adesso è un dio a danzare, se io danzo.

Ma prima ancora di chiedere le traduzioni ho voluto sottoporre a ChatGPT l'arduo compito di interpretare il pensiero espresso da Nietzsche ottenendo la seguente, **a mio avviso sconvolgente**, eccezionale risposta:

Questo testo di Nietzsche sembra esprimere l'idea che un dio veramente potente e degno di essere seguito dovrebbe essere in grado di "danzare" o agire in modo fluido e creativo, in contrapposizione alla figura del "demone" o dello spirito di gravità, che rappresenta la rigidità e la serietà. Il riferimento all'uccidere "lo spirito di gravità" con il riso potrebbe indicare l'importanza del prendere le cose con leggerezza e non prendersi troppo sul serio. Inoltre, l'idea di volare e di essere "leggero" potrebbe rappresentare l'idea di libertà e di superamento delle proprie paure e limiti. In generale, questo testo sembra incoraggiare a vivere in modo creativo e libero, e a non lasciarsi limitare dalle proprie paure e dalle convenzioni sociali.

Seguono le traduzioni.

Traduzione in Latino:

"Credere solum deum qui sciret saltare. Et cum demonem meum viderim, semper eum serium, radicalem, profundum, solennem inveni: erat spiritus gravitatis, ei gratus omnes res cecidissent. Non ira, risu interficere. Ergo, spiritum gravitatis interficiamus. Discendi ambulare: ex illo tempore me relinquo currere. Discendi volare: ex illo tempore non amplius offendi ut movear. Nunc levis sum, nunc volo, nunc infra me videre, nunc deus saltat si ego saltem."

Traduzione in Inglese:

"I could only believe in a god who knew how to dance. And when I saw my devil, I always found him serious, thorough, deep, solemn: he was the spirit of gravity—by him all things fall. Not by wrath does one kill but by laughter. Come, let us kill the spirit of gravity! I have learned to walk: since then I have run. I have learned to fly: since then I no longer need a pushing wind. Now I am light, now I fly, now I see beneath me, now a god dances—if I am dancing."

Traduzione in Francese:

"Je pourrais croire seulement en un dieu qui savait danser. Et quand j'ai vu mon démon, je l'ai toujours trouvé sérieux, radical, profond, solennel : c'était l'esprit de la gravité - grâce à lui toutes les choses tombent. On ne tue pas par la colère, mais par le rire. Allons, tuons l'esprit de la gravité ! J'ai appris à marcher : depuis ce temps-là je me laisse courir. J'ai appris à voler : depuis ce temps-là je ne veux plus être heurté pour me déplacer. Maintenant je suis léger, maintenant je vole, maintenant je vois en dessous de moi, maintenant c'est un dieu qui danse, si je danse."

Avendo precedentemente citato Friedrich Nietzsche, l'Anticristo, per "par condicio" e per riequilibrare il... bilancio religioso :) provo un'escursione in ambito linguistico ponendo a ChatGPT quello che anni fa si pensava essere un esercizio ermeneutico impossibile da realizzare da una macchina, cioè l'interpretazione della frase:

"lo spirito è forte, ma la carne è debole"

pronunciata da Gesù la notte prima della sua crocifissione, rivolto ai discepoli riuniti nel giardino del Getsemani, chiedendo a loro di non cadere in tentazione.

Ho chiesto a ChatGPT:

Qual è il senso della frase biblica "lo spirito è forte, ma la carne è debole"?

anche in questo caso ho ottenuto una risposta straordinaria, che si fa beffa di ogni infausta previsione e dubbio, solo pochi anni fa, sulle potenziali capacità dell'intelligenza artificiale:

La frase "lo spirito è forte, ma la carne è debole" può essere interpretata come una riflessione sulla natura umana, in cui lo spirito rappresenta la parte spirituale e divina dell'uomo, mentre la carne rappresenta la parte carnale e terrena. La frase suggerisce che la parte spirituale dell'uomo è forte e in grado di resistere alla tentazione del peccato, mentre la parte carnale è debole e vulnerabile alle tentazioni.

La frase può essere intesa anche come un invito a mantenere la fede e la forza spirituale, per resistere alla tentazione del peccato e dei desideri terreni, perché è proprio in questi momenti di debolezza che l'uomo può cadere.

La frase può essere vista anche come una esortazione a rafforzare la propria fede e a sviluppare la propria forza spirituale, per poter resistere alle tentazioni e alle difficoltà della vita. La frase invita a concentrarsi sui valori spirituali e morali, per non lasciarsi distrarre dai desideri egoistici e superficiali della carne.

In generale, la frase "lo spirito è forte, ma la carne è debole" rappresenta una riflessione sulla natura umana e sulla lotta tra il bene e il male, e invita a concentrarsi sui valori spirituali per resistere alle tentazioni e alle difficoltà della vita.

Limiti di ChatGPT

Non è facile individuare con chiarezza i "limiti intellettivi" di ChatGPT, soprattutto perchè in fondo non esiste una definizione esatta di "intelligenza", così come è difficile accettare una definizione universalmente condivisa di "creatività".

ChatGPT è in grado di leggere istantaneamente centinaia di pagine di testo (purchè "sensato" e scritte con un linguaggio di cui abbia sufficiente conoscenza) e farne un riassunto in tempo reale: è intelligenza?

ChatGPT è in grado di stabilire istantaneamentei legami possibili tra il contenuto di un testo scritto in ideogrammi cinesi e le correnti occidentali del pensiero filosofico dell'ottocento: è intelligenza?

ChatGPT è in grado di sviluppare un algoritmo ben spiegato con l'uso di un linguaggio corrente di cui abbia conoscenza e implementarlo in un qualunque linguaggio di programmazione, ovviamente acquisito nella fase di apprendimento: è intelligenza?

ChatGPT è in grado, tra le altre, di risolvere disequazioni lineari, quadratiche, polinomiali, logaritmiche e esponenziali: è intelligenza?

Se "intelligenza" è sapere applicare le conoscenze e le abilità apprese, allora non dovremmo avere alcun dubbio a rispondere che "sì, ChatGPT è intelligente" come un essere umano.

Molto incuriosito, ho chiesto a ChatGPT:

Come definiresti il concetto di intelligenza?

L'intelligenza è la capacità di comprendere e risolvere problemi, apprendere, adattarsi e comprendere nuove informazioni e situazioni. Inoltre, l'intelligenza può anche essere descritta come la capacità di utilizzare le conoscenze acquisite per raggiungere obiettivi e prendere decisioni efficaci. Ci sono diverse teorie su come l'intelligenza possa essere definita e misurata, tra cui la teoria dell'intelligenza multipla di Howard Gardner e la teoria dell'intelligenza generale di Charles Spearman.

Niente male!

Proviamo a indagare ulteriormente il concetto di "intelligenza". Al contrario del concetto di "intelligenza" è facile dare un chiaro significato al concetto di "memoria" come la capacità di recuperare con esattezza un'informazione precedentemente acquisita. Credo che sia sostenibile l'idea della memoria come supporto utile all'intelligenza.

Faccio da cavia e provo a recuperare dalla mia memoria il "cinque maggio" di Alessandro

Manzoni: come primo effetto di questo **atto di volontà** la mia mente produce la proposizione “*Ei fu [pausa]*” seguita, con la naturalezza delle bolle che una ad una emergono in superficie dalla profondità, dalle parole “*siccome immobile [pausa] dato il mortal sospiro stette la spoglia [pausa] orba di tanto spiro...*”; procedo solo sino a un certo punto (lo ammetto) in cui la memoria vacilla, la sequenza si fa confusa mentre il resto del poema giace (forse) nel fondo della mia mente, incapace di emergere se non nella forma di una breve sintesi.

Facendo ricorso a qualche base di conoscenza del funzionamento della rete neurale, composta da neuroni e connessioni sinaptiche, non mi è difficile intuire la “meccanica” dell’esperienza: all’atto di volontà (di citare il poema) ha fatto seguito una tempesta di impulsi che percorrendo sinapsi e neuroni ha fatto emergere dal nucleo linguistico del mio cervello il “suono” di due semplici fonemi seguiti da una pausa, dapprima senza significato; ma poi, aggregati in una composizione di sintagma (ei) e verbo (fu) e quindi nella forma di una frase (proposizione, giudizio), è emerso il “significato” di quei suoni insieme all’immagine di un *uomo steso nel suo giaciglio mortale* e insieme alle emozioni che magicamente hanno propagato la tempesta elettrica verso altri neuroni, in un processo che probabilmente è andato affievolendosi perchè a un certo punto è venuta a mancare la parte motivazionale legata alla “mancanza di volontà” di “ricordare” che evidentemente (ahimè) avevo quando imparai il poema.

Per i lettori “non tecnologici” annoto che la virtualizzazione informatica della rete neurale è una delle tecniche più usate nell’approccio all’intelligenza artificiale e ChatGPT ne fa larghissimo uso.

Vorrei ora focalizzare il ragionamento sul concetto di “**logica**”: si può facilmente definire la logica come l’arte del “sillogismo” cioè la capacità di dedurre la verità di una proposizione (o di un “giudizio”, in senso kantiano) da una catena di due o più proposizioni. Schiere di pensatori, da Aristotele in poi, si sono confrontati e affrontati sul tema arrivando persino alla presunta dimostrazione dell’esistenza di Dio.

Tema affascinante (e divisivo) che appartiene più alla natura dell’Uomo che all’essenza della “logica” ma il lettore non si allarmi, mi fermo a un passo dal... baratro e propongo un tema più facile, elementare per chi ha una buona base di conoscenza matematica ma che chiunque può comprendere nella sua “logicità”.

Un “teorema” è una sequenza di sillogismi, che “dimostra” la verità di una proposizione (tesi) basandosi esclusivamente sulla (presunta) verità di alcune proposizioni date (ipotesi, premesse). Pongo questo problema, data la funzione:

$$f(x) = x^2 - 1$$

quale valore MINIMO, se esiste, assume nell’intervallo [0, 1]?

Niente paura, è sempre una questione di esistenza ma certamente più praticabile rispetto a quella di Dio! Anche in questo caso faccio da cavia e, praticato l’atto di volontà di risolvere il problema, sollecito la mia **memoria**. Emerge immediatamente il ricordo di un teorema, il teorema di Weierstrass:

“una funzione definita e continua su un intervallo chiuso e limitato assume nell’intervallo valori massimo e minimo”

Non emerge in “forma di immagine testuale”: se riprovassi tra dieci minuti a richiamare alla mente lo stesso teorema verrebbe fuori un testo “analogo” cioè equivalente alla sostanza logica del precedente testo ma molto probabilmente espresso in modo diverso. In realtà scopro che il testo di cui sopra è stato “generato” automaticamente dalla mia mente dopo la “visualizzazione” di non meglio definite immagini grafiche raffiguranti casi elementari di funzione, casi analoghi a quelli che all’epoca del mio studio dell’analisi matematica mi aiutarono ad accettare “intuitivamente” la verità del teorema; si apre un altro tema, quello del significato di “**intuizione**”, ma lo chiudo subito lasciando al lettore il compito dell’indagine. Continuo invece con il mio esperimento: la mia **memoria** ricorda che all’epoca del mio studio del teorema appresi e accettai perfettamente la sequenza dei sillogismi alla base della dimostrazione e sono quasi sicuro che con un pò di sforzo riuscirei a ricostruire l’intera sequenza: tale “quasi” certezza me la dà la **memoria** della grande volontà che avevo di comprendere la logica alla base dell’analisi matematica. Intuisco allora che alla base della memoria (volontaria ma anche involontaria) ci sia una forte componente emotiva: non “ricordiamo” forse con maggiore limpidezza ciò che nella vita ci ha “sorpreso”?

Torno al teorema di Weierstrass: guardo la funzione, vedo la somma $x^2 - 1$ e ricordo (**memoria**) il grafico continuo della funzione x^2 (parabola) insieme al fatto che sommare o sottrarre una costante a una funzione produce rispettivamente un innalzamento e un abbassamento del grafico mantenendo la continuità della funzione composta. Essendo certamente l’intervallo $[0, 1]$ chiuso e limitato concludo (**logica**) che essendo le ipotesi vere di conseguenza è vera anche la tesi quindi **ho la certezza che il valore minimo esista**. A questo punto (**memoria**) sapendo che la funzione x^2 ha un valore minimo 0 quando $x = 0$ deduco (**logica**) che il valore minimo cercato è $0 - 1 = -1$.

Concludendo: sono io una persona intelligente? oppure ho solo fatto un uso della memoria? l’applicazione dei sillogismi che mi hanno portato alla soluzione coinvolge una capacità diversa dalla memoria? L’intelligenza è la capacità di richiamare dalla memoria fatti e sillogismi accumulati grazie all’esperienza, rafforzata da un processo motivazionale e emozionale?

Lascio aperte queste domande insieme alla domanda “ChatGPT è intelligente?” ma spero di avere stimolato nel lettore un’analisi del significato profondo di “intelligenza”.

Ma non azzardiamoci neanche a porci l’amletica domanda: ChatGPT è “senziente” oppure no?

Nè mi azzardo a porla a ChatGPT! :)))

Paradossalmente ChatGPT ha un grossissimo limite nella sua capacità di “memorizzare” anche se, dopo avere letto il precedente paragrafo, dovrebbe esserne chiaro il motivo: ChatGPT non memorizza i documenti acquisiti nella fase di apprendimento.

Ho chiesto a ChatGPT:

Puoi citare il poema “5 maggio” di Alessandro Manzoni?

Questa la disastrosa risposta, testuale:

Mi dispiace, non ho la capacità di recitare poesie intere poiché sono un algoritmo di generazione di testo, tuttavia posso darti alcune strofe del poema "Il Cinque Maggio" scritto da Alessandro Manzoni.

*"Ei fu: ma i posteri a lui non serbar
la memoria, ch'è cosa più cara del tempo;
non ragioniam di lui, ma guarda e passa."*

*"Ei fu; ma nell'alma sua non discese
mai la pace. E quando la sua grandezza
ebbe l'ultimo sospiro, il suo sguardo
fu ancor l'occhio d'Italia. Ei vide
l'Italia ancor bella, e ancor potente
nei figli suoi, ne' quali era vivo
il suo spirito. E quando l'alma uscì
da quel corpo, ei vide ancor l'Italia
ne' suoi figli, e ne sorrise contento."*

Queste sono solo alcune delle strofe del poema, ti invito a leggerlo per intero per apprezzarne la sua bellezza e la sua importanza storica.

Decisamente ridicola come risposta! Ho provato a superare il problema sottoponendo a ChatGPT l'intero testo del "cinque maggio" e a chiedere un commento: la risposta è stata piuttosto vaga e contenente passaggi decisamente "ignoranti" come il seguente:

...

La poesia inizia descrivendo la morte di Napoleone come un evento immobile, in cui la spoglia del corpo è orba del respiro vitale

...

Bah! Cosa ne pensano i professori di Italiano? Io direi una valutazione da 3! E ho l'impressione che ancora peggio andrebbe con un estratto della "Divina commedia"!

La ragione di tale cattiva figura sta certamente nel fatto che durante la fase di apprendimento di ChatGPT non è stato fornito un numero di documenti scritti con lo stile poetico tipico del periodo.

La ragione per cui non è stata data la possibilità a ChatGPT di memorizzare testi particolarmente significativi non è certamente tecnica; avendo qualche idea in merito ho posto la questione, guarda caso, proprio a ChatGPT:

Perché non ti è stata data la possibilità di ricordare testi importanti?

Io sono un modello di linguaggio di apprendimento automatico sviluppato da OpenAI, che è stato addestrato su una grande quantità di testo in inglese e altre lingue, ma non è stato programmato per "memorizzare" testi specifici come poesie o canzoni. La mia funzione principale è generare testo in modo simile a quello che ho visto in passato o rispondere alle domande in modo coerente. Il mio obiettivo è quello di essere il più preciso e utile possibile nella generazione del testo e nella risposta alle domande, piuttosto che memorizzare testi specifici.

è per ragioni di copyright che non ti è stata data la possibilità?

Il copyright può essere un fattore che contribuisce a questa decisione. Ci sono molte questioni legali e pratiche che devono essere considerate quando si utilizzano testi protetti da copyright per addestrare un modello di linguaggio come il mio. In generale, gli sviluppatori di modelli di linguaggio come il mio utilizzano grandi quantità di testo libero da copyright o testo per cui è stato ottenuto il permesso per l'utilizzo per addestrare i modelli. Ciò può limitare la quantità di testi protetti da copyright che possono essere utilizzati, ma consente di evitare questioni legali e di garantire che i modelli siano addestrati su un insieme di dati il più vasto e rappresentativo possibile.

Per fare comprendere al lettore l'entusiasmo che ChatGPT ha provocato (e continua a farlo) in me ho chiesto a ChatGPT di fare una sintesi di questo stesso paragrafo ("Limiti di ChatGPT"), ottenendo la risposta:

sintesi by ChatGPT

Il documento discute i limiti di ChatGPT, un algoritmo di generazione di testo. Sottolinea che è difficile definire chiaramente i limiti intellettuali di ChatGPT e che è difficile dare una definizione universale di intelligenza e creatività. Il documento menziona la capacità di ChatGPT di fare riassunti di testi e di stabilire legami tra testi scritti in ideogrammi cinesi e il pensiero filosofico occidentale, ma sottolinea che questo non significa che ChatGPT sia "senziente". Il documento menziona anche il problema della memoria di ChatGPT, che non memorizza i documenti acquisiti durante la fase di apprendimento. L'autore fa un esempio chiedendo a ChatGPT di citare il poema "5 maggio" di Alessandro Manzoni e ricevendo una risposta poco soddisfacente. Il documento conclude sottolineando che la valutazione della risposta di ChatGPT sarebbe stata ancora peggiore con un estratto della "Divina Commedia" di Dante.

e, accettando il rischio di essere trattato male da ChatGPT, ho chiesto:

sei d'accordo con il documento?

Come un algoritmo di generazione di testo, non ho la capacità di esprimere opinioni personali. Tuttavia, posso confermare che il documento descrive effettivamente alcuni dei limiti di ChatGPT, come la mancanza di capacità di memorizzazione e la difficoltà nell'analisi e nella comprensione di testi scritti con uno stile poetico. Inoltre, come menzionato nel documento, è difficile dare una definizione esatta di "intelligenza" e "creatività" e quindi è difficile stabilire dei limiti precisi per ChatGPT.

E' andata bene! ;)

Effetti sulla didattica

Approfitto di questo spazio per esprimere alcune valutazioni personali sulla scuola di oggi, quella italiana, che vivo quotidianamente in una realtà provinciale, distinta ma non distante rispetto a realtà più metropolitane di cui ho comunque esperienza.

Tutti riconosciamo senza difficoltà che il mondo negli ultimi decenni è cambiato e continua farlo con velocità sempre crescente a causa dell'impatto delle nuove tecnologie: non c'è alcun ambito della vita quotidiana che non sia stato modificato, se non travolto dall'innovazione; alcuni mestieri sono scomparsi, altri sono stati modificati e ne sono nati di nuovi; è radicalmente cambiato il modo di comunicare, sia quello interpersonale che quello di massa così come sono cambiati tanti costumi e sono stati liberalizzati tanti comportamenti.

In generale abbiamo assistito allo stemperamento delle relazioni gerarchiche sia all'interno della famiglia (rapporto tra genitore e figlio) che all'interno della scuola (rapporto tra docente e alunno); non è cambiata però, nè del resto avrebbe potuto, la conflittuale natura dei giovani tendente da un lato alla ricerca di modelli comportamentali da emulare, dall'altro alla ricerca di una completa emancipazione dall'autorità dei tutori.

Lo stress di questo cambiamento è ricaduto esclusivamente sulle spalle dei tutori tanto in famiglia quanto a scuola: sia genitori che docenti hanno dovuto escogitare nuove strategie per riuscire a "meritare" il rispetto e la fiducia per riuscire non a imporre ma a indurre modelli comportamentali adeguati.

I docenti che nella scuola non hanno saputo cogliere la sostanza di questo cambiamento nella maggior parte dei casi hanno "gettato le armi" non riuscendo a rendere credibili le maniere antiche basate su un "timore reverenziale" che (i) la cultura non attribuisce più alla figura del docente e (ii) è sistematicamente smontato da una istituzione della "bocciatura" ridotta oggi a falso e spesso ridicolo spauracchio.

Non penso assolutamente alla reintroduzione sistematica del "timore", tutt'altro; la scuola dovrebbe essere per ogni giovane un luogo sereno, ideale in cui crescere, conoscere e alimentare le proprie attitudini per costruire il proprio futuro e il docente dovrebbe essere un tutor con attività di coordinamento, approfondimento e orientamento.

Ruolo centrale, in una nuova visione della scuola, dovrebbero diventare le tecnologie che durante l'emergenza sanitaria hanno conosciuto un periodo di grande popolarità dimostrando di essere necessarie non nella forma raccapricciante di quel periodo ma nella forma di supporto alle attività didattiche in presenza. Penso a servizi per la condivisione di materiali didattici, la comunicazione tra insegnanti e studenti, la creazione di quiz e attività interattive, la gestione dei compiti e delle valutazioni come: Google Classroom, Microsoft Teams, Zoom, Blackboard, Canvas, Moodle, Schoology, Edmodo, Kahoot, Nearpod, tanto per citarne alcuni.

Non ho citato l'uso dei motori di ricerca in quanto ormai pratica di uso comune, acquisita da lungo tempo. Oggi entra prepotentemente in gioco ChatGPT, proponendosi come "**killer application**" in grado di segnare nel tempo un punto di svolta così come lo fu la nascita dei motori di ricerca che resero accessibili al livello globale documenti e informazioni di ogni genere superando l'era della comunicazione di massa con l'**era della informazione di massa**. Strumenti di AI come ChatGPT aprono una nuova era che mi piace definire "**era del tutor di massa**": ogni singolo individuo del pianeta non deve più cercare l'informazione, raccoglierla, filtrarla, sintetizzarla e organizzarla perché ha la possibilità di avere al proprio servizio cento, mille buoni esperti di ogni cosa in grado di orientarlo nello studio di ogni argomento. E l'AI va anche oltre: non solo produce informazione da fatti noti ma è in grado di generare stimoli, alimentare spunti creativi e risolvere istantaneamente

problemi di media complessità in ogni campo.

Tutto questo non può che avere un impatto rivoluzionario sulla scuola e su ogni attività di formazione in genere, impatto che non va assolutamente combattuto ma orientato.

E' giunto però anche il momento, e non solo per l'avvento di ChatGPT, di "ripensare la scuola" per darle nuova linfa ma soprattutto coerenza e credibilità.

E prima di ogni altra considerazione ritengo che vada definitivamente sollevato e risolto **il problema dell'uso a scuola dello smartphone**. Non mi preoccupa tanto l'uso "improprio" del dispositivo per beffare il docente durante le verifiche scritte, uso che ChatGPT aumenterà a dismisura rendendo le verifiche scritte del tutto inaffidabili come strumenti valutativi, specie nelle materie linguistiche e umanistiche in genere ma anche nelle materie tecniche, se riferite a prove discorsive oppure a esercizi di calcolo o codifica poco strutturati.

In realtà sono molto più preoccupato, e non credo di esagerare, dalla convinzione che l'uso compulsivo e ossessivo dei dispositivi mobili abbia sviluppato, in particolare nei giovani, una vera e propria dipendenza. Nella scuola gli effetti sono particolarmente devastanti in termini di concentrazione, di capacità di gestione del tempo e di costruzione delle relazioni inter-personali.

Trovo invece entusiasmante la prospettiva dell'uso di ChatGPT come "tutor" grazie alla la sua capacità di sintetizzare, confrontare, relazionare, contestualizzare, tradurre pressochè ogni tema di letteratura, storia, filosofia di ogni periodo storico, di ogni cultura; non solo come strumento "personale" da usare in ambito domestico ma come "motore" di **attività di gruppo** da sviluppare secondo uno schema di tipo "*flipped classroom*" in cui il docente svolge essenzialmente il ruolo di supervisore; in questa prospettiva i componenti del gruppo, magari guidati da un coordinatore scelto dallo stesso gruppo, potrebbero sottoporre a ChatGPT la tematica da sviluppare e procedere con attività di progettazione, pianificazione, suddivisione dei compiti e simulazione con dinamiche di tipo *cooperative learning*.

Un tale capovolgimento delle interazioni tra alunni e docente potrebbe avere enormi ricadute anche sulla didattica dedicata ai bisogni educativi speciali e all'integrazione con la possibilità di strutturare sequenze di compiti a difficoltà crescente (con "tutoraggio" dell'AI) e la possibilità per il docente di focalizzare la propria attenzione sul processo che porta alla cognizione, la metacognizione come strumento di apprendimento critico.

Non solo ChatGPT, però: con l'obiettivo di coinvolgere maggiormente nelle varie attività gli studenti introdurrei nella didattica elementi di *gamification* e l'uso di strumenti di incentivazione sul tipo della *token economy*, anche su scala nazionale, implementabile per mezzo di tecnologia *blockchain*.

Ritengo anche che sia finalmente giunto il momento di (i) limitare il tradizionale modello basato su interrogazioni e verifiche individuali su temi 'spot' e (ii) di introdurre un sistema di valutazione automatica e centralizzata sull'esempio dei sistemi adottati per l'ammissione ai circuiti universitari americani (MET), alle Università inglesi di Oxford e Cambridge e alla Bocconi di Milano, dalle certificazioni Cambridge per la lingua inglese, ecc.

Credo che "ripensare" la scuola oggi non sia più un'opzione ma un dovere, per non assistere impotenti al declino della più bella delle istituzioni che la società sia stata in grado di partorire.

Lo faccio quotidianamente con alcuni colleghi e sarei felice di condividere impressioni e idee anche con chi tra i lettori di questo articolo fosse convinto, come me, che una vera trasformazione della scuola non possa riuscire senza un movimento "dal basso", animato

da chi vive ogni giorno la scuola e i suoi problemi.

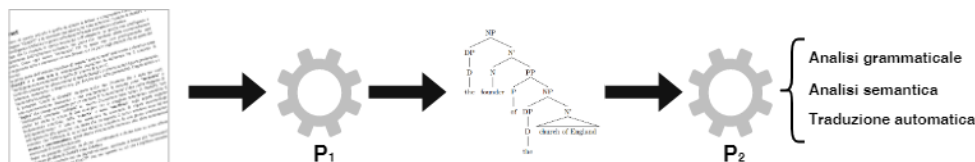
Note sulla tecnologia

Cercando di comprendere il funzionamento di ChatGPT ho ripensato ad alcune letture fatte un pò di tempo fa quando approcciai lo studio delle grammatiche generative, formalizzato da un grande uomo di scienza e cultura dei nostri tempi, Noam Chomsky, uno dei più importanti linguisti del XX secolo. Mentre gli “strutturalisti” considerano il linguaggio come acquisito esclusivamente attraverso l'esperienza cioè attraverso l'acquisizione di convenzioni, Chomsky sostiene che il linguaggio sia in gran parte determinato da fattori innati. Secondo Chomsky, esiste una **“grammatica universale”** innata nella mente umana che guida la produzione del linguaggio, indipendentemente dall'esperienza individuale.

In ogni caso, a prescindere dalla sua natura culturale o naturale la linguistica si concentra sull'analisi della struttura formale del linguaggio: il suo principio fondamentale consiste nell'idea che la lingua consista in un sistema di segni (parole, suoni, etc.) organizzati in modo regolare e che l'uso del linguaggio possa essere descritto e analizzato in termini di questa struttura. Probabilmente il limite dell'approccio tradizionale della linguistica è proprio la ricerca di “regole” che nella realtà non sono in grado di catturare la complessità di sfumature tipiche di ogni linguaggio “reale”. ChatGPT è stato addestrato su grandi quantità di testo per comprendere e generare il linguaggio in modo naturale; ciò è certamente subordinato alla comprensione della struttura delle frasi e delle relazioni tra le parole ma con un approccio non orientato verso l'uso di “regole” ma di strumenti di tipo statistico, che si sono dimostrati più capaci di afferrare le “sfumature” del linguaggio.

D'altra parte ChatGPT ha come scopo primario quello di “generare” coerentemente un testo in risposta ad un altro testo. Processando nella fase di apprendimento una mole impressionante di testi scritti in più lingue, ChatGPT, ha imparato a codificare qualunque testo, a prescindere dallo specifico linguaggio con cui è scritto, facendo uso di una struttura “matematica” comune a tutte le forme espressive usate dai vari linguaggi: sarà forse questa la “grammatica universale” intuita da Chomsky?

L'approccio tradizionale adottato nell'automazione del processo linguistico è basato sulla trasformazione di un testo in un “albero sintattico”, consistente in una rappresentazione “ad albero” della struttura sintattica di una frase, che descrive come le parole in una frase sono organizzate e come si legano l'una sull'altra:



Un primo processo P1 processa un documento testuale e facendo uso di un lessico e di una grammatica di riferimento produce in output un albero sintattico; nell'albero sintattico gli elementi terminali (foglie) corrispondono alle parole del testo mentre i nodi (i punti dell'albero da cui si dipartono i rami) rappresentano le categorie sintattiche (frase, soggetto, verbo, articolo, ...); l'albero sintattico rappresenta dunque una “versione strutturata” del documento “lineare” ed agevola le attività di un secondo processo P2

finalizzate, per esempio all'analisi del testo oppure alla traduzione automatica. I limiti di questo approccio sono dovuti sia all'incapacità da parte di una grammatica formale di codificare le tante sfumature di un linguaggio naturale sia alla natura "imperativa" degli algoritmi, quindi degli schemi logici, usati per implementare i processi. In sintesi:

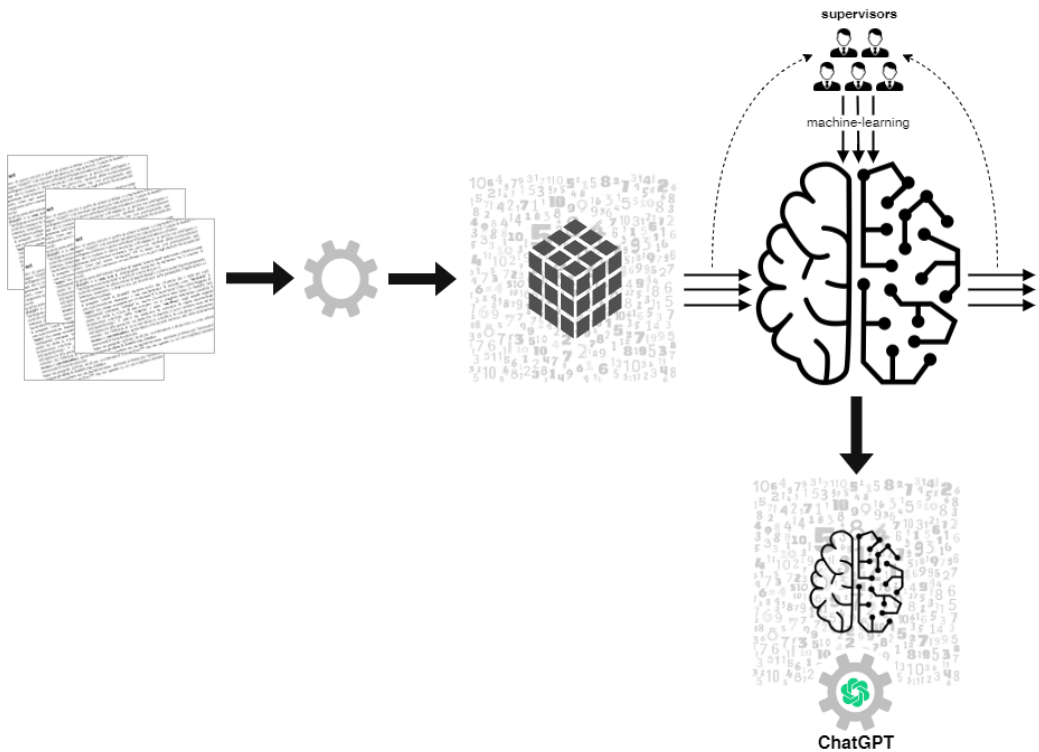
"il processo fa esattamente ciò che gli dico di fare"

Per ottenere un miglioramento delle prestazioni del processo occorre ricodificare il programma con il rischio di dovere intervenire pesantemente sulla sua struttura logica. L'avvento dell'intelligenza artificiale ha introdotto un meccanismo virtuoso con il quale il processo è in grado di migliorare le sue prestazioni grazie a una fase iniziale di addestramento, detta "machine-learning", con la supervisione o meno di operatori umani; durante l'addestramento, elaborando una ricca e variegata serie di dati in input, il processo, "regolando" via via il valore dei parametri del modello matematico di riferimento, impara a generare risultati validi:

"il processo impara dagli esempi ciò che deve fare"

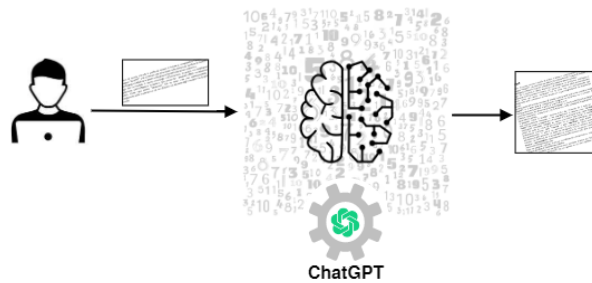
Una volta "addestrato" il processo di AI sarà in grado di produrre effetti ottimali per qualunque sequenza di dati in ingresso e potrà anche imparare a migliorare ulteriormente nel tempo le sue prestazioni. L'avvento dell'AI in ambito linguistico ha permesso dunque il superamento dell'approccio "imperativo", incapace di rappresentare adeguatamente la complessità del linguaggio umano, le sue sfumature, la sua mancanza di rigore formale.

Il seguente grafico illustra in modo estremamente sintetico il cambio del paradigma:



L'introduzione di un modello di AI nel processo di elaborazione di un testo comporta una prima, fondamentale necessità: **trasformare il testo in una "struttura di tipo numerico"** in grado di "alimentare" il modello di AI (i) per supportare la fase di addestramento e (ii) per fornire nella fase operativa i dati, prodotti da un testo arbitrario, che il modello "addestrato" userà per produrre gli effetti desiderati.

Dopo essere stato addestrato il modello è in grado di processare l'input testuale fornito da un utente e produrre il risultato atteso:



Senza entrare in dettagli estremamente tecnici che esulano lo scopo di questo articolo proverò a dare un'idea di:

1. cosa si intenda per "trasformazione di un testo in una struttura numerica" e
2. cosa si intenda per "addestramento di un modello di AI".

Trasformare il testo in numeri

Solo al fine di dare al lettore un'idea di un possibile approccio illustrerò brevemente una tecnica nota come "Bag of Words (BoW) basata sulla frequenza con cui ricorrono le parole (*token*) in una frase, per esempio la frase (1):

La rana salta sopra la foglia

Se consideriamo un "vocabolario" composto dalle parole:

["la", "rana", "salta", "sopra", "foglia"]

una rappresentazione numerica della frase iniziale, che tiene conto (solo) della frequenza di uso delle parole può essere la seguente:

[2, 1, 1, 1, 1]

dove 2 è la frequenza di "la" (prima parola del vocabolario) e 1 la frequenza delle altre parole. Se consideriamo anche la frase (2):

La foglia è verde

e la frase (3):

verde è la speranza

ed estendiamo il precedente "vocabolario" al seguente:

["la", "rana", "salta", "sopra", "foglia", "è", "verde", "speranza"]

le frasi (1), (2) e (3) potranno essere codificate rispettivamente come segue:

(1): [2, 1, 1, 1, 1, 0, 0]
(2): [1, 0, 0, 1, 0, 1, 1]
(3): [1, 0, 0, 0, 1, 1, 1]

La trasformazione in sequenze di numeri (vettorizzazione, nota in gergo come "*embedding*") rende possibile il calcolo della "distanza" tra le sequenze e quindi tra le corrispondenti parole. In AI si usano altre "metriche" (come "*cosine similarity*" o la "*manhattan distance*") ma consideriamo per semplicità la **distanza euclidea** cioè la distanza "naturale"; dati in un piano a N dimensioni i punti A e B:

$$A(x_1, x_2, \dots, x_N) \text{ e } B(y_1, y_2, \dots, y_N)$$

la distanza è calcolata da:

$$\text{distanza}(A, B) = \sqrt{\sum_{k=1}^N (x_k - y_k)^2}$$

applicando tale formula alle rappresentazioni vettoriali delle frasi (1), (2) e (3) otteniamo:

$$\text{distanza tra (1) e (2)} = \sqrt{6} = 2,449$$

$$\text{distanza tra (1) e (3)} = \sqrt{6} = 2,449$$

$$\text{distanza tra (2) e (3)} = \sqrt{2} = 1,414$$

L'esperimento evidenzia che le frasi (2) e (3) sono tra loro le più "vicine" ma solo in termini di "frequenza d'uso delle parole". E' evidente che al fine di attribuire una "vicinanza" anche in termini di "significato" l'approccio BoW non è sufficiente ma deve essere arricchito con la quantificazione di relazioni di adiacenza tra parole nelle frasi e di relazioni concettuali tra parole del vocabolario (i *params*, che nei modelli di Natural Language Processing vengono solitamente addestrati).

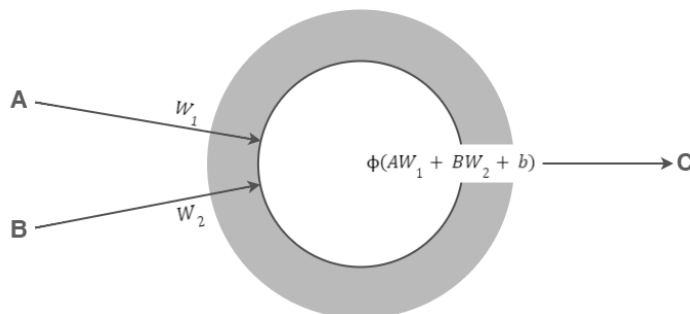
La rappresentazione "ideale" deve tenere conto del contesto in cui le parole appaiono all'interno di frasi e documenti. Durante il pre-training su grandi quantità di dati testuali, le parole che appaiono in contesti simili tendono ad essere rappresentate in modo simile nello spazio multidimensionale. In questo modo, termini espressi in lingue diverse ma che rappresentano lo stesso concetto tendono ad essere rappresentati "vicini" l'uno all'altro nello spazio. Il modello è quindi in grado di comprendere che questi termini rappresentano lo stesso concetto.

Il precedente esempio è ben lontano dall'essere una spiegazione del meccanismo adottato da ChatGPT ma spero di essere riuscito nell'intento di dimostrare al lettore che **un approccio "matematico" al problema dell'interpretazione dei testi è possibile.**

AI: addestramento di una rete neurale "digitale"

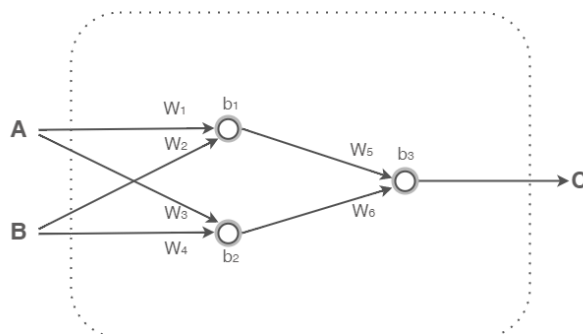
Mi piacerebbe riuscire a dare qualche idea, anche se molto superficiale, su uno dei principali meccanismi alla base dell'intelligenza artificiale: la "rete neurale digitale".

La figura che segue rappresenta un modello matematico di un *neurone biologico*: A e B sono numeri che quantificano i "segnali" che attraverso le *sinapsi* (le frecce) si propagano verso il neurone; il neurone applica due "pesi" (due numeri "moltiplicatori" W_1 e W_2) ai due segnali, tanto maggiori quanto maggiore è l'importanza del segnale ad essi applicato. Dopo avere moltiplicato i segnali A e B per i rispettivi pesi il neurone ne effettua la somma e aggiunge una quantità detta "*bias*" ("scostamento"). Il risultato viene applicato a una funzione ϕ , detta "di attivazione", che ha lo scopo di "normalizzare" il risultato del calcolo riportandolo a un valore solitamente nei range $[0, 1]$ oppure $[-1, 1]$ che andrà a propagarsi lungo una sinapsi verso altri neuroni oppure verso l'uscita della rete neurale. Il *bias* viene utilizzato per spostare l'output della funzione di attivazione verso l'alto o verso il basso con lo scopo di regolare la risposta del neurone ai suoi input, permettendo alla rete neurale di adattarsi ai dati di input più efficacemente e contribuendo a evitare l'*underfitting* o l'*overfitting* dei dati di addestramento.



Supponiamo ora di volere addestrare una semplicissima rete neurale a stabilire il genere “maschile” o “femminile” di una persona partendo dalla conoscenza della sua altezza e del suo peso. E' evidente che confidiamo nel fatto che esista un meccanismo di calcolo capace di ottenere un risultato corretto non certo in tutti i casi ma almeno in una buona parte di essi.

Facciamo uso di una rete neurale consistente in tre neuroni, così strutturata:



Durante il processo di apprendimento di una rete neurale verranno “addestrati” sia i pesi **W1, W2, W3, W4, W5, W6** che i bias **b1, b2 e b3**. L’addestramento avverrà utilizzando un certo numero di terne A, B, C in cui A e B rappresentano “peso” e “altezza” e C il “genere” (usando per esempio la convenzione 0=maschio e 1= femmina).

Il SET di addestramento potrebbe essere il seguente:

Nome	Peso (kg)	Altezza (cm)	Genere (M/F)
Alice	51	162	F (1)
Bob	77	174	M (0)
Charlie	83	181	M (1)
Diana	62	165	F (0)

Si parte ipotizzando dei valori per W1, W2, W3, W4, W5, W, b1, b2 e b3, per esempio:

$$1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0.$$

Se calcoliamo l’uscita C corrispondente a peso (A) e altezza (B) di Alice usando come funzione di attivazione una *sigmoide* otterremmo un risultato compreso tra 0 e 1, per esempio 0.54; nel caso di Alice (genere=1) l’errore commesso sarebbe dunque

$$1 - 0,54 = 0,46$$

evidentemente piuttosto alto. Calcolando l’errore commesso anche sulle restanti terne del SET potremmo dare una misura dell’**errore medio totale L (loss)** usando per esempio la media quadratica:

$$\frac{1}{4} \sum_{k=0}^4 (C_{Ktrue} - C_{Kcalc})^2$$

intendendo con C_{ktrue} il valore vero per la terna di indice K e con C_{kcalc} il valore calcolato per la stessa terna di indice K.

Tale errore dipende ovviamente dai valori di $W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, b_1, b_2$ e b_3 , cioè:

$$L(W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, b_1, b_2, b_3)$$

L'obiettivo è quello di riuscire a minimizzare tale errore modificando con un processo iterativo i valori di $W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, b_1, b_2$ e b_3 fino al raggiungimento di un errore medio complessivo accettabile. Ciò può essere fatto tramite un algoritmo di ottimizzazione, come ad esempio lo **Stochastic Gradient Descent** che fa uso della *backpropagation*, un meccanismo di calcolo delle derivate parziali che procede all'indietro a partire dai nodi di output della rete neurale.

Conclusioni

Come ogni “rivoluzione tecnologica”, ChatGPT e l’Intelligenza Artificiale in genere non vanno contrastate ma “addomesticate” e messe al servizio della società.

Se è vero che qualche mestiere potrà essere superato dall’avvento di una nuova tecnologia è altrettanto vero che grazie alla stessa tecnologia nasceranno nuovi mestieri e molti degli esistenti acquisteranno maggiore efficienza, liberando l’uomo da attività noiose e ripetitive.

Paolo Lillo

ringrazio per la revisione e i preziosi consigli le colleghe:

Francesca Romana Mirabella

Maria Luisa Nachira