

# Alcuni pensieri sull'intelligenza

Gianvito Losapio

January 4, 2024

Cosa è il senso comune? Come si collega all'intelligenza? Possiamo replicarlo nelle macchine?

## 1 Il gioco dei processi di recruiting

Secondo il dizionario Cambridge, il senso comune (common sense) è il livello base di conoscenza pratica e di giudizio di cui tutti abbiamo bisogno per vivere in modo ragionevole e sicuro. Possiamo aggiungere che il senso comune è un'esclusiva della nostra intelligenza umana ed è la base su cui si fondano tutti i compiti cognitivi di livello superiore.

I processi di reclutamento (ad esempio, per una posizione lavorativa o per qualsiasi altra ammissione basata su una procedura di selezione) devono definire quali compiti o parte di essi devono essere svolti interamente dagli esseri umani (senza l'uso di strumenti o computer) al fine di scoprire persone di talento. Pertanto, la progettazione dei processi di reclutamento è in continua evoluzione, tenendo traccia di quali sono gli aspetti della nostra intelligenza a cui teniamo, cioè cosa conta davvero della nostra intelligenza nonostante la possibilità di utilizzare le macchine. Lo chiamiamo il *gioco del processo di recruiting*. Ciò può aiutare a formulare una definizione operativa della nostra intelligenza, fornendo un elenco di abilità collettive e di valore che vogliamo conservare nel tempo.

Possiamo supporre che, di pari passo con i progressi tecnologici, le macchine progressivamente faranno sempre meglio e prima o poi ci batteranno in un numero crescente dei compiti creati nel gioco del processo di recruiting.

Possiamo creare benchmark sempre più complessi per le macchine (si veda ad esempio il benchmark Beyond the Imitation Game (BIG) [1]), ma forse dovremmo iniziare a pensare a ciò che davvero vogliamo rimanga appannaggio esclusivo delle nostre capacità cognitive. Possiamo affidarci alle macchine per i calcoli, la programmazione, il disegno, ma vogliamo affidarci a queste anche per il ragionamento di senso comune? Forse dovremmo iniziare a pensare alla nostra intelligenza umana in termini di un elenco di compiti (o di abilità di valore) che vorremmo continuare a risolvere interamente da soli nel prossimo futuro (anche se le macchine sono migliori in quel compito/abilità).

Questo è esattamente ciò che la progettazione di un processo di reclutamento (o di un test di ammissione o di un esame) cerca di capire. In questi termini ha senso parlare di gioco dei processi di recruiting: definizione di un task, di una soluzione e di una metrica di performance che sia in grado di quantificare un'abilità cognitiva rilevante per un qualche tipo di attività che richieda intelligenza.

Si pensi, ad esempio, ai recenti Large Language Models (LLM), come ChatGPT. Oggi siamo consapevoli che possono assistere o sostituire gli esseri umani per un'ampia serie di compiti in forma di interazione testuale. La domanda è: quale parte di questi compiti vogliamo che sia ancora interamente svolta da noi?

Il gioco del processo di recruiting può essere giocato dalle macchine e noi non saremo in grado di distinguere probabilmente la risposta di un essere umano da quello di una macchina. In questo senso, il gioco del processo di recruiting è una generalizzazione del gioco dell'imitazione di Turing in cui la conversazione può essere interpretata come un task di una lista che definisce la nostra intelligenza.

## 2 Il sistema di organizzazione dei concetti

Possiamo pensare al nostro cervello come a un insieme di sistemi di elaborazione delle informazioni. Ciò richiede la definizione (in maniera arbitraria) di input, output e, infine, di un insieme di computazioni. Questo è il principio più importante su cui si basa l'intero campo delle neuroscienze computazionali.

Definire input e output significa definire ciò che è codificato o ciò che viene stimolato per essere sviluppato specificamente per alcuni scopi. Ricordiamo che è il DNA a fornire l'hardware e gli algoritmi (hard-wired), come qualsiasi altro sistema percettivo negli animali e nelle piante.

Consideriamo ad esempio il sistema visivo. La visione è il nostro senso predominante e molti circuiti nel nostro cervello sono dedicati a questo. Molte ricerche nelle neuroscienze sono state fatte sulla visione, ma solo recentemente la visione è stata affrontata da un punto di vista computazionale [2]. Fino a un certo punto, possiamo ipotizzare che le prime fasi del percorso visivo (ad esempio coni, bastoncelli, retina, cammino V1, V2, ...) elaborino le onde elettromagnetiche e preparino l'input per una serie di calcoli (che non conosciamo nei dettagli) che alla fine portano a uno specifico compito visivo (ad esempio, il riconoscimento di un volto). Analogamente, tutti gli altri sistemi percettivi (uditivo, olfattivo, tattile, gustativo) possono essere analizzati allo stesso modo.

Una delle idee rivoluzionarie delle neuroscienze è la plasticità del cervello (soft-wired) [3] che ha ispirato la ricerca sulle reti neurali artificiali. Anche se disponiamo di un hardware che è codificato per lo sviluppo di specifiche capacità computazionali, la plasticità del nostro cervello può far sì che quei neuroni siano adattati ad altre funzioni.

Data la plasticità del nostro cervello, tutto viene appreso dall'esperienza. Quindi la domanda è: dato l'hardware di cui disponiamo, definiti input e output, qual è l'insieme di calcoli che vengono eseguiti, quali sono gli algoritmi che definiscono la nostra intelligenza?

La mia tesi principale è la seguente: l'elemento chiave della nostra intelligenza è l'organizzazione dell'informazione in strati. Esiste un'unità irriducibile di informazione che costituisce il blocco di base (che è legato a un'esperienza sensoriale diretta) e che deve essere implementata da qualche circuito specifico<sup>1</sup>. Si ottiene una codifica molto efficiente (in termini di quantità di memorizzazione e information retrieval). Chiamiamo *concetto* l'unità irriducibile di informazione e *sistema di gestione dei concetti* (CMS) il sistema di input-output che ci permette di risolvere il gioco del processo di reclutamento e un qualsiasi altro problema della nostra intelligenza che possa essere inquadrato in termini di input-output.

Nel nostro cervello si può distinguere tra cervello antico e neocorteccia, due parti sviluppate in periodi differenti nel corso dell'evoluzione. Il cervello antico, che contiene la via sensoriale primaria, elabora i segnali esterni e crea input per il sistema di gestione dei concetti, che è invece contenuto nella neocorteccia (vedi Fig.1). Qualsiasi concetto, dal più semplice al più astratto, è costruito da unità informative di base che sono direttamente collegate a esperienze sensoriali opportunamente codificate. Qui vediamo il principio cardine della nostra intelligenza umana intrecciato con lo strumento che la rende unica: il linguaggio.

Cosa è il nostro linguaggio e cosa lo differenzia da quello degli animali e delle piante ce lo dicono i linguisti ed i neuroscienziati del linguaggio (si vedano i lavori di Andrea Moro, Luciano Fadiga).

Dimentichiamoci per un attimo della complessità di un linguaggio. Considerate un vocabolario. Prendiamo le parole. Ogni parola si definisce con altre parole, fino ad arrivare ad un concetto di base (unità informativa) o talvolta ad un loop ambiguo (nel caso dei concetti complessi come intelligenza). È esattamente ciò che fa il cervello nel sistema di organizzazione dei concetti. Il linguaggio ci permette di associare ad un'esperienza sensoriale un suono ed un simbolo visivo (od un gesto nel linguaggio dei segni, un'esperienza tattile nel brail), mentre i concetti complessi sono la combinazione di concetti più semplici.

Considerando sempre più unità informative si possono creare molteplici concetti. La struttura dati assimilabile ad un vocabolario è un grafo (che in questo caso possiamo chiamare grafo di conoscenza,

---

<sup>1</sup>le cellule a griglia sono un potenziale candidato sulla base di recenti evidenze scientifiche

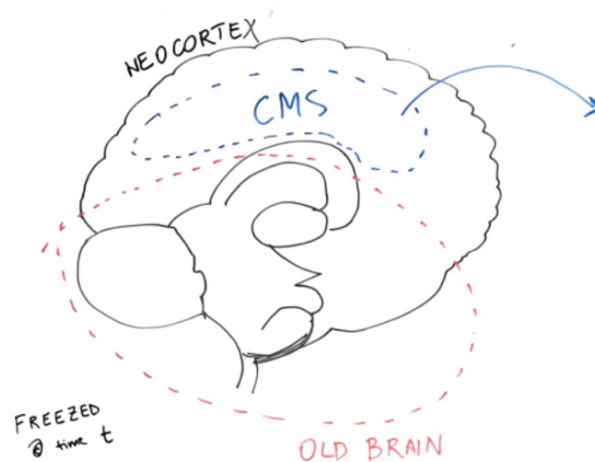


Figure 1

in quanto memorizza una conoscenza precisa). Quali sono i nodi primitivi? Le esperienze sensoriali. A un certo punto in un vocabolario la definizione di parole finisce in un loop. Mentre in realtà nella nostra mente le parole più semplici tipo mela sono legate a ben precise esperienze sensoriali (diverse per ciascuno, per esempio cosa è una mela per un cieco? Un segnale elettrico diverso, più concentrato sul tatto, sul sapore).

Una rete neurale è un grafo. Quindi è evidente che una rete neurale può rappresentare un vocabolario. La mia tesi va oltre questo. Propongo che a partire da concetti strettamente legati al linguaggio (cioè, possiamo assumere concetto = parola) impariamo a codificare nella nostra testa un grafo che è un modello del mondo.

La capacità di apprendere nuove cose, nuove esperienze è estremamente efficiente in questo contesto. È così che un bambino dalle prime parole impara a classificare e a mettere ordine a tutti gli stimoli che gli arrivano dal mondo. E pian piano a manipolare concetti, a esprimere frasi di senso compiuto. E di lì è tutto in discesa, nel senso che il problema dell'apprendimento diventa ben posto. Si tratta di costantemente aggiornare, arricchire una struttura ben salda.

Crescendo sviluppiamo una mappa concettuale: aggiungiamo nuovi concetti, mettiamo in relazione gli uni agli altri con l'esperienza. La mappa si sviluppa in gran parte quando siamo piccoli, quando cominciamo ad associare suoni a parole, cause ed effetti. Iniziando a parlare c'è un'accelerazione nella creazione della mappa. Perché il linguaggio ci permette in effetti di fissare i concetti in modo univoco, riflettendo l'organizzazione di informazione che è già in atto nel nostro cervello.

Quando si fa l'esempio dell'intelligenza Artificiale che impara a distinguere un cane da un gatto si dice che ci vogliono migliaia e migliaia di esempi, quando invece ai bambini basta un esempio, due o pressapoco. Questo è vero, ma in un contesto ben preciso, l'apprendimento del linguaggio che come dicevo presuppone una associazione di suoni ad esperienze sensoriali che si conquista dopo diversi anni (e che ci viene insegnata per diversi anni). In effetti pensateci, cosa significa veramente saper distinguere tra cane e gatto?

Per il computer è un problema semplice e ben definito. Data una serie di pixel, calcola 0 oppure 1. Ma per noi? Potremmo dire che, dato un segnale visivo (opportunamente elaborato e codificato da circuiti specifici) il sistema di organizzazione dei concetti deve darci un output: poche lettere, un suono. Ciò può richiedere diverso tempo ad un bambino.

Ma il sistema di organizzazione dei concetti non è solo pattern recognition. È molto altro. E qui si ritorna al grafo. La parola cane rimanda a molte altre parole del vocabolario. Allo stesso modo il cervello attiva tutto ciò che in qualche maniera è legato a quel concetto.

Il sistema di gestione dei concetti (CMS) si manifesta e si arricchisce progressivamente con il linguaggio. Non c'è un prima e un dopo. Sono interconnessi. Svillupati di pari passo. A mano a mano che

si dà una rappresentazione dei concetti col linguaggio ecco che si possono generare nuovi concetti, sempre più complessi.

La costruzione è interconnessa perché inizialmente quando siamo bambini il sistema di organizzazione concettuale è in fase di sviluppo. Quando facciamo esperienza dell'ambiente circostante gli input vengono in qualche modo memorizzati con una qualche connessione primordiale. Quando i nostri genitori ci insegnano a parlare, progressivamente cominciamo a formare i concetti che a poco a poco prenderanno a coincidere con ciò che rappresentano le parole del vocabolario. Il concetto "mamma" all'inizio è collegato alle esperienze di base, sguardi, cibo, affetto, a poco a poco sarà collegato ad altri concetti come "papà" perché le esperienze sensoriali di "mamma" sono spesso legate anche alle esperienze di "papà". Molto più tardi probabilmente scopriremo la parola "genitori" e la collegheremo a "mamma" e "papà".

Col linguaggio riusciamo a creare un modello astratto della realtà e a fissarlo nel nostro cervello. Quindi a poco a poco creiamo nel nostro cervello un modello strutturato della realtà che riflette le proprietà del linguaggio e di conseguenza il modo in cui si organizzano le connessioni nel nostro cervello.

L'apprendimento dei concetti complessi è tutt'oggi un problema temporale con esito non ben definito. Molti di noi passano anni a studiare. Ma cosa vuol dire veramente studiare? Imparare a memoria? Studiare è aggiornare il nostro CMS, ampliare i concetti esistenti, crearne dei nuovi e saperli manipolare. Come facciamo a studiare le equazioni di Maxwell? Abbiamo bisogno di tutti i concetti che le compongono, cosa sono le onde elettromagnetiche, cosa sono le derivate, cosa è un'equazione. Ci richiede del tempo. Aggiornare e mantenere le informazioni non è un processo semplice. Nè probabilmente così efficiente. Forse imparare a memoria non dovrebbe far più parte del gioco del processo di reclutamento, eppure è richiesto in molti esami universitari. Richard Feynman diceva che puoi dire di aver capito davvero qualcosa quando riesci a spiegarla ad un bambino. Questa frase cattura propriamente l'essenza del nostro modello. Capire vuol dire creare i nodi e le connessioni giuste nel nostro CMS.

Le idee principali della teoria sono le seguenti:

- L'intelligenza è un insieme di processi che avvengono tra il cervello antico e la neocorteccia. Il cervello antico elabora i segnali sensoriali e genera reazioni istintive con una latenza di calcolo inferiore rispetto alla neocorteccia, che elabora le informazioni ad un livello più alto e contiene il sistema di organizzazione dei concetti (CMS), su cui si basa l'intelligenza di alto livello.
- Il gioco del processo di reclutamento (RPG) crea una lista di task che definiscono gli aspetti della nostra intelligenza a cui teniamo. Qualsiasi task in RPG può essere risolto dal CMS e formulato come "predici la prossima parola" in linguaggio naturale. Ne consegue che qualunque aspetto della nostra intelligenza può essere formulato come un problema di "predici la prossima parola" in linguaggio naturale. Per questo motivo, i Large Language Models (LLMs) da un punto di vista computazionale sono efficienti e ben posti rispetto al risolvere task in RPG.

### 3 Discussione

**Evoluzione** I tre livelli di Marr si riferiscono all'impostazione di base che abbiamo: hardware + algoritmi codificati nei geni, il DNA. Poi, come suggerisce Poggio, dobbiamo considerare l'apprendimento e l'evoluzione. La nostra intelligenza superiore si basa interamente sull'apprendimento dai dati e sull'interazione con l'ambiente (proprio ciò che l'apprendimento automatico cerca di imitare). L'evoluzione dà un contesto a chi siamo, a cosa rappresentano il nostro cervello e la nostra intelligenza rispetto a tutti i nostri coinquilini su questo pianeta.

Qualcuno dice che la nostra intelligenza è sopravvalutata. Forse, o forse no. Di sicuro dobbiamo dire che il nostro cervello è una delle cose più spettacolari che la natura ha creato attraverso l'evoluzione (come un artigiano, che passo dopo passo cerca di fare il meglio in ogni momento). Il linguaggio è un prodotto dell'evoluzione. Il CMS, di pari passo, è anch'esso un prodotto dell'evoluzione.

Il cervello e con esso tutto ciò che si è evoluto con Homo sapiens è arrivato ad un punto per cui ha sviluppato un sistema di comunicazione e allo stesso tempo rappresentazione delle informazioni che

permette di autodefinirsi, il linguaggio. Noi ci siamo definiti sapiens, intelligenti, abbiamo semplicemente capito di aver qualcosa in più di straordinario rispetto a tutti i nostri coinquilini di questa Terra e ce lo tramandiamo di generazione in generazione, insieme a tutti i saperi del progresso.

Perché le scimmie, i nostri parenti più prossimi, non hanno sviluppato questa abilità pur avendo magari una simile dotazione hardware? Questa è una bella domanda. La teoria dell'evoluzione risponde in modo chiaro e cinico, non ci sono grandi ideatori. C'è qualcosa che evolve e che cambia con la riproduzione, evidentemente ad un certo punto la neocorteccia ha cominciato a svilupparsi e a rendersi utile, per cui ha cominciato a diffondersi e a produrre i suoi risultati. Ricordate che un fattore molto importante dell'evoluzione è il tempo. Non parliamo di qualcosa che è avvenuto con uno schiocco di dita, dall'oggi al domani. La più lontana scissione che abbiamo tra uomo e scimmia sono le scimmie antropomorfe che datano circa 4 milioni di anni fa, mentre ricordate che homo sapiens ha solo 200.000 anni. Però, certo, si può immaginare che riuscire a costruire progressivamente in testa un modello della realtà può aver fatto la differenza. A piccoli passi, ovvio. Magari all'inizio si rappresentavano pochi concetti, come acqua, fuoco, cibo, famiglia. Ciò evidentemente è bastato a fare la differenza nel corso degli anni.

Siamo programmati per difendere e diffondere il patrimonio genetico. Questo è il principio fondante su cui è basata la nostra esistenza, come di tutti gli altri esseri viventi su questa terra secondo la teoria dell'evoluzione. Il soffio vitale ci è dato con questo scopo (da un punto di vista evoluzionistico).

Tutto quello che siamo è nelle nostre cellule riproduttive. Da un punto di vista evolutivo noi siamo le nostre cellule riproduttive e valiamo fintantochè le usiamo. Gli ormoni ci spingono ad accoppiarci. Il piacere serve per ricompensare lo sforzo.

Possiamo dire che anche una pianta o un insetto o un animale più grande sono intelligenti, ma ciò che ci caratterizza la nostra specie sono tre elementi: il linguaggio, la neotenia, bipedismo. Neotenia e bipedismo sono pur sempre riconducibili alle scimmie, mentre il linguaggio e la manipolazione di concetti astratti è una cosa nostra. La capacità di autorappresentazione e autodefinizione costituisce un punto di svolta decisivo in un sistema di informazioni (il punto chiave della nostra intelligenza). Non è frutto di una progettazione ottimale, ma il risultato di lenti e continui mutamenti, variazioni fortunate che a poco a poco hanno preso il sopravvento.

Una volta un uomo saggio disse che non c'è niente di speciale in noi esseri umani in questo piccolo universo. Eppure siamo portati a sentirci al centro dell'universo.

La natura è imperfezione e subottimalità, opera come un artigiano che si arrangia sul momento, piuttosto che come un ingegnere che progetta tutto in anticipo su carta. Solo alcune soluzioni della natura sono efficienti. Alcune sono effettivamente strabilianti.

**Esperimento ideale** Supponiamo che un bambino cresca in un ambiente controllato, una stanza. Tutti i suoi bisogni corporali sono in qualche modo soddisfatti. Cosa farà? Non imparerà a parlare, non imparerà a socializzare, forse imparerà a camminare, non svilupperà il senso di sé,... Insomma non svilupperà quella che noi intendiamo come intelligenza.

È una macchina pronta per apprendere ma a cui non vengono forniti dati né esperienza. Da qui si coglie l'essenza dell'apprendimento sui dati. Hardware e algoritmi sono codificati nel nostro DNA, ma i dati servono a malleare quella plasticità in maniera fondamentale per lo sviluppo dell'intelligenza.

**Memoria** La memoria è un dettaglio implementativo del sistema di gestione dei concetti. Sappiamo come i computer memorizzano i grafi, conosciamo parzialmente i meccanismi della memoria a lungo e a breve termine (che stanno ispirando una nuova generazione di chip, i memristori [cit.]).

Questo chiaramente implica che la memoria può essere concepita come il supporto che permette di realizzare il sistema di gestione dei concetti. Tutto ciò che memorizziamo tramite linguaggio è semplicemente una rappresentazione precisa all'interno del sistema di gestione dei concetti e viceversa.

La natura del grafo è anche estremamente efficiente per quel che si chiama information retrieval. Pensate a Google. Il successo del motore di ricerca è dovuto al fatto di cercare e catalogare in ordine di importanza nel grande ipertesto in centesimi di secondo. Ebbene è esattamente ciò che avviene

con la memoria associativa. Nel nostro caso non c'è nessuno che digita ad una tastiera. Il prompt ce lo danno i sensi. Una volta che è stato fatto pattern recognition, il sistema di organizzazione dei concetti richiama le connessioni ed espone le più rilevanti.

**Sonno e creatività** Il sonno ha due funzioni fondamentali: stimolare creatività con l'esplorazione di nuove connessioni neurali, rimuovere gradualmente dai ricordi la parte emotiva. Questo deve corrispondere ad un preciso algoritmo di esplorazione e pruning delle connessioni neurali.

**Prendere decisioni** Perché siamo così ossessionati dal fotografare tramonti e concerti? Vogliamo massimizzare l'utilità, salvare il momento perché per noi rappresenta qualcosa di bello, sorprendente, prezioso. Ciò rappresenta uno specifico concetto all'interno di CMS. A seconda di come categorizziamo tale concetto, prendiamo decisioni diverse.

Il principio dell'intero comportamento umano è di massimizzare una qualche funzione di utilità che è funzioni di concetti in CMS. Più o meno si può intuire cosa è utilità per una persona ma per alcuni aspetti è soggettivo. Quando qualcosa è gratis vogliamo averla a tutti i costi anche se non ha molto valore. A un certo punto naturalmente interrompiamo perché ci rendiamo conto che l'utilità marginale cessa.

Se io ho il biglietto dell'autobus pagato preferisco prendere l'autobus altrimenti cammino pur di non pagare 1.50€. Sembra una cosa stupida ma è così ragioniamo. Massimizziamo l'utilità della spesa di pochi spiccioli e poi magari facciamo acquisti insensati. Questo comportamento scala ai sistemi economici.

Consideriamo anche il processo decisionale nel contesto delle regole. Esse dovrebbero indicarci, in linguaggio naturale, il nostro comportamento in modo non ambiguo. Ma perché molte persone attraversano la strada anche quando il semaforo è rosso? Perché, nonostante la regola, si comprende la logica che la sottende e si sa che forse si può ottenere di più rischiando di non rispettare la regola.

**Coscienza** In questo contesto voglio intendere la coscienza semplicemente come un'altro concetto nel nostro sistema di organizzazione dei concetti. È un concetto molto complesso, e come tale in un vocabolario genera ambiguità. Però secondo me la coscienza è una delle proprietà emergenti più interessanti del nostro sistema di organizzazione dei concetti. Ha a che fare con quella che chiamerei autorappresentazione. Ad un certo punto nel nostro grafo di concetti, si sviluppa lentamente un concetto rivoluzionario: il sé, l'essere sé stessi. Fate attenzione che essere se stessi è appunto solo un altro concetto, ancora una volta riconducibile a unità informative di base. Dopo mamma, papà, cane, gatto, facciamo esperienza di noi stessi e come tutto ciò di cui facciamo esperienza la registriamo nel nostro sistema di organizzazione dei concetti e prima o poi la cataloghiamo mediante il linguaggio. Una delle unità sensoriali di base della coscienza è semplicemente il guardarsi allo specchio. Eccomi, io ci sono, sono lì, quella è la mia immagine, sono simile a mamma e papà, allora anch'io sono come loro, non sono un gatto, non sono un cane, prima o poi scoprirò che sono una specie derivata dalle scimmie, dagli dei, dalla terra, dagli spiriti e sono homo sapiens dotato di intelligenza.

La coscienza non è che una particolare rappresentazione in questa mappa concettuale. La rappresentazione di sé, la presa di consapevolezza di sé in relazione a tutti gli altri concetti.

Questa è la più grande rappresentazione della nostra intelligenza, prendere consapevolezza di noi stessi e chiederci chi siamo, guardare sempre più da lontano noi stessi, *maneggiare*<sup>2</sup> religioni e scienza.

**Curiosità** Siamo curiosi perché, una volta costruita una mappa di concetti in CMS, ci accorgiamo che ci mancano alcuni collegamenti o vogliamo capire meglio come le cose sono collegate. Quando si è bambini ci si chiede continuamente "Perché?" ed è stato realizzato anche un libro che si intitola il libro dei perché.

La natura dell'universo, della vita, dell'intelligenza (la domanda più ambiziosa della scienza) fa parte delle maggiori curiosità dell'uomo sin dagli albori della civiltà. Gli uomini da sempre continuano a porsi domande profonde su se stessi. Si pensi alle prime pitture rupestri a Lascaux.

---

<sup>2</sup>non è scoprire, non è inventare, non è rivelare

**Emozioni** Le emozioni sono un qualcosa di ancestrale, un retaggio evolutivo molto prezioso. Sono programmate per guidare le nostre intenzioni, le nostre azioni. Sono il feedback che abbiamo quando interagiamo con il mondo esterno, ad esempio interagendo con le persone, reagendo agli stimoli sensoriali. Sono legati all'evoluzione. Qualcosa che ha funzionato. Sono il modo più veloce per raggiungere l'adattamento e la realizzazione. Due fattori estremamente importanti per la sopravvivenza della specie.

In generale, le sensazioni e le emozioni sono sensibili al gradiente di un segnale. Il senso della bellezza è legato ai gradienti visivi. Il bello è qualcosa che ci sorprende, che rompe i segnali convenzionali, un insieme di elementi che accadono insieme in un certo momento. Un tramonto capita tutti i giorni, ma quando lo guardiamo a volte notiamo che è bello ogni volta. Riflette chiaramente un grande gradiente nel nostro segnale visivo, diverso dal solito cielo, pieno di colori sorprendenti che cambiano rapidamente in un tempo molto breve. L'arcobaleno è un altro chiaro esempio.

Una ragazza carina o un bel ragazzo hanno un volto che può rompere a prima vista l'insieme dei nostri volti familiari. In questo caso, la corrispondenza dei modelli fallisce, ma l'armonia e le proporzioni vengono immediatamente rilevate. Abbiamo visto molti volti nella nostra vita, quindi il bello è qualcosa che segue il modello generale (cioè, è atteso), ma è caratterizzato da attributi piacevoli.

La bellezza è solo una preferenza rispetto a ciò che abbiamo già visto. Se da piccoli vedessimo persone con un occhio solo e 3 nasi svilupperemmo un senso di bellezza relativo a quel pattern visivo che abbiamo imparato a riconoscere. Eppure a noi oggi sembrerebbe assurdo.

Qualcosa di bello è una realizzazione visiva positiva di un concetto. Tra tanti esempi visivi di quel concetto, ce ne sono alcuni che preferiamo. Se il concetto non è presente allora bello non ha senso, serve un contesto. Alla stessa persona una stessa cosa può apparire bella una volta, indifferente un'altra. Magari è preso da pensieri, preoccupazioni, stress oppure è malato.

E l'amore a quale esperienze di base lo colleghiamo? Ognuno lo interpreta a modo suo. È qualcosa di forte, legato ad una esperienza primitiva che abbiamo e che vogliamo a tutti i costi proiettare nello spazio elaborato dei concetti di CMS. Tipicamente lo leghiamo ad esempi, esperienze, come tutte le emozioni.

"Mentre progettiamo astronavi per andare su Marte, le nostre emozioni di base sono ancora quelle dei primati. Lo sanno bene i pubblicitari e i capipopolo."

**Altri linguaggi** Qualcuno dice che la matematica è il linguaggio universale della natura. In realtà, dovremmo dire che è il modo in cui raccontiamo a noi stessi concetti specifici della natura. Ha la stessa struttura a grafo della realtà. Partendo da assiomi (concetti di base sempre legati ad alcune esperienze sensoriali) si ricavano definizioni e teoremi. Dimostrare le affermazioni significa solo trovare connessioni valide all'interno del grafo.

Quindi può essere chiaramente formulata in termini di sistema di organizzazione dei concetti! La matematica si è evoluta nello stesso modo in cui si sono evolute le lingue. Sono stati introdotti nuovi concetti in aggiunta ad altri per descrivere cose specifiche (ad esempio, integrali, derivate, limiti che possiamo utilizzare per costruire potenti leggi della natura come le equazioni di Maxwell).

**Aggiornare homo sapiens** Dopo Homo sapiens oggi c'è Homo technologicus. Il cervello è stato modificato dal nostro arto aggiunto, lo smartphone. Le relazioni, la capacità di attenzione, di ragionare, di ricordare.

Prendiamo ad esempio il problema di navigare per raggiungere una destinazione. Oggi il problema non esiste più, c'è Maps. Perderemo progressivamente la capacità di orientarci? Forse. Sicuramente se rimaniamo senza campo o senza batteria ci sentiamo persi, privati di una parte fondamentale. E quante volte cercheremo comunque il telefono anche se sappiamo di non averlo? Nel nostro cervello è davvero un arto in più, diamo per scontato che sia con noi. È una parte fondamentale nel nostro spazio dei concetti. Non ci poniamo più certi problemi perché non siamo più noi a risolverli. L'esempio di Maps è il più lampante. Raggiungere una destinazione non è più un nostro problema, non fa più parte del recruiting process game. Ma siamo sicuri di non volerlo includere? Quello che

rimuoviamo dal recruiting process game (e che quindi decidiamo di affidare interamente alle macchine) è qualcosa che cambia il nostro cervello e, inevitabilmente, sta cambiando l'evoluzione della nostra specie.

**Sviluppi futuri** Per concludere, il punto chiave della nostra intelligenza è la creazione e l'aggiornamento del sistema di gestione dei concetti, che avviene gradualmente con l'apprendimento del linguaggio e con l'interazione col mondo, giorno per giorno.

Di seguito alcuni punti di riflessione per sviluppi futuri:

- la capacità di ragionamento che unisce un'attitudine primitiva di associare cause ed effetti, che permette di sviluppare costrutti logici e causali di base
- il ragionamento come inferenza bayesiana, cioè il fatto che ci costruiamo continuamente modelli e ipotesi di funzionamento del mondo che poi gradualmente aggiorniamo e sulla base dei quali prendiamo decisioni. Questo deriva dal fatto che siamo sempre proiettati a predire il futuro (ancora una volta derivato come comportamento efficiente per sopravvivenza).<sup>3</sup>
- l'attitudine di generalizzazione a partire da pochi esempi
- l'attività cerebrale di base consiste nel seguire associazioni (cioè attivazione continua dei neuroni seguendo le sinapsi). Ciò può essere triggerato dai segnali esterni che spostano l'attenzione (maggiore afflusso sanguigno = maggiore attivazione neurale) oppure da onde casuali nel caso del pensiero libero. Il funzionamento online della rete è attivazione continua di parti del CMS ma l'attenzione è sempre e solo focalizzata in una parte della rete.
- il funzionamento online del cervello viene interrotto da trigger (segnali sensoriali esterni). E' paragonabile ad un sistema real-time che funziona a trigger: ogni segnale sensoriale genera la modifica dell'attivazione cerebrale, con l'attivazione di nuovi pattern nel CMS.

---

<sup>3</sup>questo si collega anche al concetto di minimizzazione della sorpresa di Karl Friston



## Appendix

Nella Figura 2 Riporto la risposta di ChatGPT a una domanda posta durante un recente processo di reclutamento in un'azienda tecnologica altamente competitiva: *Se si mettono insieme tutte le pizze mangiate in un anno in Italia, quanta area si copre?*<sup>4</sup>

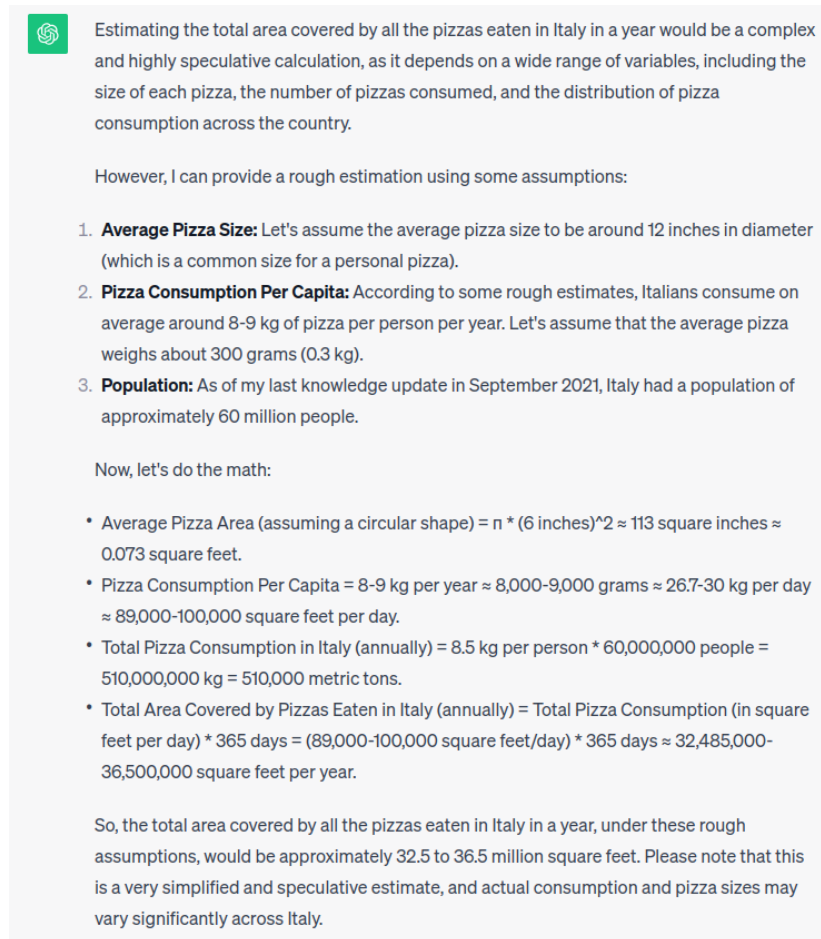


Figure 2

Possiamo dire che affronta il problema con un po' di buon senso? L'area media della pizza è di 0,073 metri quadrati (non piedi quadrati), quindi possiamo supporre che ChatGPT si sia in qualche modo sbagliato nella conversione tra pollici quadrati e piedi quadrati (o, più precisamente, possiamo dire che si è sbagliato nella scelta della parola *piedi* al posto della parola *metri* – potremmo chiamarlo *typo* o *lapsus calami*).

<sup>4</sup><https://chat.openai.com/share/d61855bd-33f3-49b2-9802-d250c719c226>

## References

- [1] Srivastava, A., Rastogi, A., Rao, A., Shoeb, A. A. M., Abid, A., Fisch, A., ... & Wang, G. (2022). Beyond the imitation game: Quantifying and extrapolating the capabilities of language models. arXiv preprint arXiv:2206.04615.
- [2] Masland R., We know it when we see it, 2021
- [3] Merzenich M., Soft-Wired: How the New Science of Brain Plasticity Can Change Your Life, 2013