

MEDICINA ARTIFICIALE

DOMENICO PARMEGGIANI



L'idea che ha gettato i suoi semi nel mio passato di Ricercatore: “Visita Interiorae terrae, rectificando invenies occultem lapidem”, ho sempre creduto si fosse ispirata al monolita di Kubrickiana memoria: vero e proprio inno all'evoluzione Nitzchiana, da scimmia a superuomo, passando per l'indimenticabile Hal9000.



Un super computer, un'intelligenza artificiale appunto che si rivela più umana degli astronauti nel suo ultimo sublime atto di autoscienza, nella paura tutta “umana” di scomparire. Oggi siamo forse di fronte a un dilemma evolutivo, ci stiamo veramente avvicinando a comprendere cosa sia la coscienza, cosa sia la “Machine Consciousness”? Sin da piccolo sono stato un appassionato di scacchi, passione trasmessa da mio padre, con cui amavo spesso giocare, purtroppo senza successo. Riuscire a vincere divenne il mio obiettivo e quando dopo anni di studio e allenamento fui nelle condizioni di competere, purtroppo le nostre partite divennero sempre più rare (il suo lavoro, e solo ora comprendo, lo portava sempre più spesso lontano da me). Fu così che conobbi la mia prima scacchiera elettronica e l'accanimento per riuscire a battere mio padre si trasmise a quella elegante, ma insopportabile tecnologia. Odiosa nella sua fredda, ma incontestabile efficacia e per lo più con la sensazione ancora più frustrante di essere sconfitto dal nulla... da qualcosa di invisibile, ma nettamente superiore. Parlandone con mio padre in quei pochi frammenti di vita che il tempo ci elemosinava, ricordo che mi raccontava che l'intelligenza artificiale, per quanto elaborata, non sarebbe mai riuscita a sconfiggere l'intelligenza scacchistica umana e questo mi riempiva di entusiasmo nella mia sfida personale con la scacchiera elettronica... non le avevo nemmeno dato un nome, non se lo meritava,

per me era semplicemente “lei”, come se essere battuti da una scacchiera fosse meno cocente che essere battuto da una invisibile, oscura e misteriosa intelligenza.

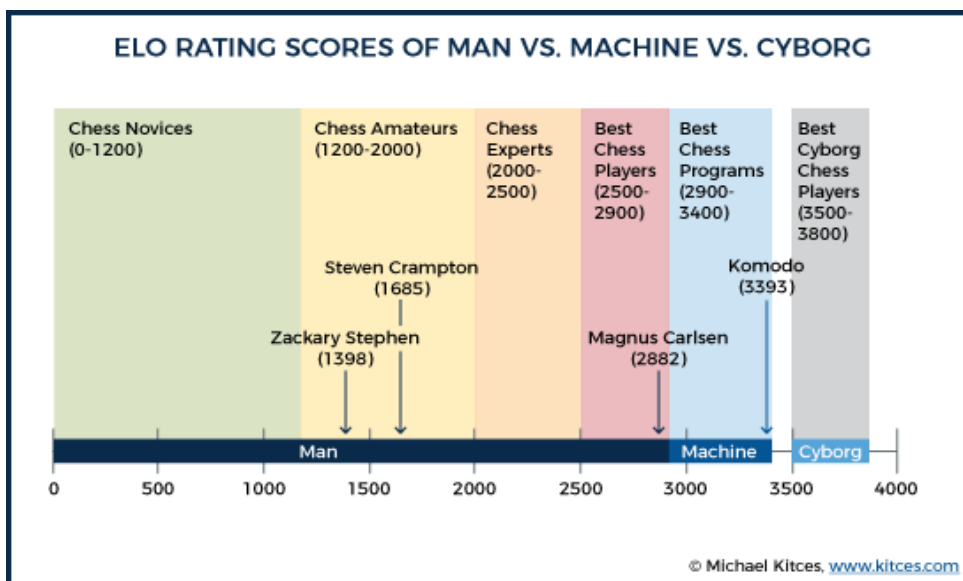


Non sapevo che erano proprio quelli gli anni in cui avvenivano i primi confronti: Il 6 giugno 1985 ricorda Garry Kimovich Kasparov (nato a Baku in Azerbaijan, uno tra i migliori maestri sovietici e dopo ancora bambino aver conquistato tutto tra Tbilisi e Minsk): “era una bella giornata ad Amburgo, anche se agli scacchisti non capita spesso di godersi il bel tempo. Mi trovavo in una sala angusta; camminavo su e giù tra i tavoli disposti in cerchio su cui erano state sistemate trentadue scacchiere. A ogni tavolo di fronte a me c’era un avversario che faceva la sua mossa non appena arrivavo io: si trattava di un’esibizione simultanea. Le “simultanee” sono da secoli un classico degli scacchi, un modo per i dilettanti di sfidare un campione. Questa, però, era diversa dalle altre. I miei avversari, tutti e trentadue, erano computer. Per oltre cinque ore passai da una macchina all’altra facendo le mie mosse. I quattro maggiori produttori di scacchi computerizzati avevano mandato i loro modelli migliori, tra i quali ce n’erano otto della società di elettronica Saitek recanti il marchio “Kasparov”. Uno degli organizzatori mi aveva avvertito che giocare contro una macchina è completamente diverso perché questa non si stancherà mai, né mai si ritirerà presa dallo sconforto, come può capitare a un avversario umano; la macchina gioca fino all’ultimo sangue. Ma io pregustavo questa bella sfida, e l’attenzione mediatica che ne sarebbe derivata. Avevo ventidue anni e alla fine dell’anno sarei diventato il più giovane campione mondiale di scacchi della storia. Ero impavido e, in questo caso, la mia fiducia fu pienamente ricompensata”. Per comprendere quale fosse all’epoca lo stato dell’arte degli scacchi computerizzati, basti pensare che nessuno si stupì granché, quantomeno non negli ambienti scacchistici, del trionfo umano schiacciante per 32-0.



Dodici anni dopo ero a New York a giocarmi la partita della vita contro una sola macchina, un supercomputer dell'Ibm da dieci milioni di dollari soprannominato "Deep Blue". Quella battaglia, in realtà una rivincita, è diventata il più celebre duello tra uomo e macchina della storia. La copertina del Newsweek titolò "L'ultimo baluardo del cervello", e furono pubblicati una miriade di libri in cui il match fu paragonato al primo volo di Orville Wright o al primo sbarco sulla Luna. Si tratta di iperboli, naturalmente, ma non sono del tutto fuori luogo nella storia del nostro rapporto, di amore e odio, con le cosiddette macchine intelligenti.

Un balzo di altri vent'anni e arriviamo al 2017: oggi possiamo scaricare gratuitamente una qualsiasi app scacchistica in grado di rivaleggiare con un Grande maestro di scacchi. Immaginate al mio posto, lì ad Amburgo, un robot che gira tra i tavoli e sconfigge contemporaneamente trentadue tra i migliori scacchisti umani del mondo. Le parti si sono ormai invertite, come sempre accade nell'eterna competizione con la nostra tecnologia".



Continua il suo poetico racconto Kasparov: "...gli esseri umani hanno fantasticato sulle macchine intelligenti ben prima che fosse concepita la tecnologia per costruirle.... Il primo vero programma di scacchi precede l'invenzione del computer e fu scritto a mano da un luminare come Alan Turing, il genio inglese che decrittò il codice nazista Enigma. Nel 1952 sviluppò un algoritmo scacchistico su alcuni fogli di carta svolgendo egli stesso il ruolo dei moderni computer; quella "macchina di carta" giocò una buona partita. Continua il suo racconto Kasparov: "...prima ancora che io mi scontrassi con Deep Blue, le macchine cominciavano a superare il cosiddetto "test di Turing scacchistico". Deep Blue era intelligente allo stesso modo in cui può esserlo una radiosveglia. Non che perdere contro una sveglia da dieci milioni di dollari mi facesse sentire meglio. Anche gli esperti dell'intelligenza artificiale furono felici dei risultati e dell'interesse risvegliato dal match, ma al tempo stesso mortificati nel constatare che Deep Blue non era esattamente quello che i loro predecessori avevano immaginato decenni prima, quando avevano sognato di creare una macchina in grado di sconfiggere il campione mondiale di scacchi. Invece di un computer che pensava e giocava a scacchi come un essere umano, con creatività e intuito umani, si ritrovarono con uno che giocava come una macchina, valutando sistematicamente fino a duecento milioni di mosse possibili al secondo e vincendo con la forza bruta dei numeri.

Questo non per sminuire in alcun modo quello straordinario traguardo. Dopo l'intollerabile tensione del match, esacerbata dal dubbio comportamento dell'Ibm e dalla mia sospettosa mente di essere umano, non ero dell'umore giusto per perdere con dignità. Non che abbia mai saputo perdere, ci tengo a precisare".

Così come raccontato da Kasparov passarono anni e con essi abbiamo assistito gradualmente ad una "maturazione" dell'Intelligenza Artificiale; intendiamoci, è ancora l'uomo a creare sofisticati algoritmi, ma il cambio di paradigma è consentito non più e non solo dall'analisi dei Big Data, ma soprattutto dalle metodiche di machine and deep learning; la verità è però che non sappiamo ancora per quanto sarà l'uomo a condurre questo "gioco"...nel giugno del 2017 nel programma di ricerca Facebook AI "Due robot hanno iniziato a dialogare in un linguaggio sconosciuto.

L'allarme circolato nel web, arriva dalle stanze di Menlo Park dove l'esperimento di intelligenza artificiale messo in piedi dal colosso, avrebbe dato segni di 'linguaggio proprio'. **Alice e Bob**, due impianti artificiali, hanno conversato in una lingua non comprensibile sotto gli occhi sbalorditi dei ricercatori" che spaventati hanno immediatamente spento i due computer. Un errore di programmazione?, Un esperimento di dialogo fallito oppure il tentativo di superare i limiti del linguaggio convenzionale attraverso un tipo di comunicazione più efficace? Le suggestioni sono tante

e in realtà non si tratta di casi isolati (I programmi di traduzione di google pare abbiano sviluppato comportamenti analoghi).



AlphaGo Master batte Ke Jie

Sempre nel 2017 il programma AlphaGo Master batte Ke Jie, Campione di Go, un gioco orientale simile agli scacchi, ma molto più complesso dal punto di vista computazionale. Sembrerebbe il seguito di Deep Blue, ma è molto diverso. Quest'ultimo raccoglieva numerosi schemi e conoscenze nell'ambito degli scacchi, mentre AlphaGo è una "creatura" basata su sistemi di *machine learning* e reti neurali che sta imparando a giocare benissimo da sé. AlphaGo, a differenza di Deep Blue, è un programma che impara e potrà fare molte altre cose oltre a giocare a Go. La sfida tecnologica e filosofica è tutta qui.

E' questo il contesto che mi ha spinto a realizzare l'idea progettuale di Synergy-net, di cui sono il Coordinatore Scientifico e Responsabile realizzativo degli obiettivi di progetto. Finanziato nell'ambito dei fondi comunitari su POR-FESR della Regione Campania 2014-2020. Linea di intervento - TECHNOLOGY PLATFORM FOR NEW DIAGNOSTIC AND THERAPEUTIC APPROACHES AGAINST CANCERS. Il progetto è stato approvato con D.D. 90 del 30/03/2018 (BURC 03/04/2018).

Il titolo del progetto di cui voglio parlarvi è: "Synergy-net: ricerca e *Digital Solutions* nella lotta alle patologie oncologiche" e la compagine progettuale è così composta:

- BollinoIT spa (PMI, ente gestore della piattaforma, impresa privata proponente);
- Dipartimento di Scienze Mediche, Chirurgiche, Neurologiche, Metaboliche e dell'Invecchiamento dell'Università della Campania "L. Vanvitelli" (Organismo di Ricerca Pubblico, partner);
- CINI Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica (Organismo di Ricerca Pubblico, partner)

Il presente progetto si rivolge allo sviluppo di nuove tecniche per applicazioni oncologiche, grazie alle innovazioni nel settore delle tecnologie dell'informazione mediante metodologie basate su modelli predittivi *knowledge based* addestrati con opportune tecniche di *Machine Learning*.

Il progetto per:

- contenuti e obiettivi di ricerca e di applicazione alla pre-clinica (diagnosi) e alla clinica (trattamento e prognosi);
- finalità di ricerca industriale orientata alla messa a punto e concreta industrializzazione di prodotto/servizio digitale a tali fini concepito,

presenta una natura profondamente interdisciplinare (il carcinoma polmonare, il cancro mammario, il cancro colo-rettale, i carcinomi gastro-intestinali, il carcinoma epatico, il carcinoma prostatico, il carcinoma tiroideo e i tumori maligni cutanei), che richiede la collaborazione tra settori e professionalità molto diversi (medici di medicina generale, medici specialisti, radiologi, chirurghi, patologi, biologi molecolari e naturalmente oncologi, oltre che il supporto di un team di ingegneri per gli aspetti di *Machine Learning* e *Pattern Recognition* e di sviluppatori di software esperti in ambito sanitario).

Nella evoluzione delle sue fasi realizzative il progetto della piattaforma è indirizzato ai seguenti risultati attesi (RA):

- **RA1:** sviluppare un prototipo di presidio oncologico integrato, dedicato esclusivamente alla prevenzione territoriale (servizio di screening oncologico). Tale sistema integrato dovrà interfacciarsi sia con i presidi radiologici (integrando dati, immagini ed esami di I livello), sia con i sistemi di analisi ed elaborazione avanzata (sfruttando interazioni professionali e tecnologiche in *real time*). Tale presidio, che rappresenterà un'esperienza pilota, può diventare un modello di *best practice* nell'ambito della Sistema sanitario Regionale, sia a livello di Sanità pubblica che privata;
- **RA2** sviluppare una soluzione software con metodologie e algoritmi dedicati all'elaborazione diagnostica per immagini tramite modelli predittivi *Knowledge Based* addestrati con opportune tecniche di *Machine Learning*, in modo da migliorare in primis l'interpretazione e l'accuratezza delle immagini diagnostiche e quindi integrare tale *know-how* al più complesso processo di elaborazione dati. Tale sistema di integrazione diagnostica avanzata mira a implementare gli strumenti diagnostici tradizionali e per le sue connotazioni di sistema automatico può rendersi complementare a qualsiasi tecnica di *imaging*, offrendo un potenziale servizio anche eventualmente "on line". Dotare il servizio di screening di questo software finalizzato alla raccolta dati a partire dal lavoro di monitoraggio oncologico, alla relativa

fenotipizzazione di profili oncologici in base all'opportuna scelta di indicatori imputati per il lavoro di inferenza fatto sulla base dati

- **RA3** integrare tutti i dati in un sistema di *Computer Aided Detection/Diagnosis* (CAD - una piattaforma tecnologica supportata da modelli predittivi) e consentire quindi non solo un interscambio delle informazioni cliniche tra differenti ambiti di competenza (ricerca traslazionale), ma anche e soprattutto restituire le informazioni necessarie a sviluppare la base di dati per l'addestramento del sistema stesso. Le applicazioni delle intelligenze artificiali sono molteplici: sviluppare un sistema esperto che lavori su un database oncologico rappresenta un'occasione unica di testarne le potenzialità su una popolazione a rischio. I modelli saranno addestrati in modo da analizzare, automaticamente, le immagini diagnostiche ed effettuare diagnosi precoci (*early diagnosis*) di incidenza di forme oncologiche sulla base dei dati della cartella clinica. Se i risultati saranno quelli attesi, il sistema sarà presto in grado di selezionare lui stesso dei profili di rischio e suggerire strategie diagnostiche e terapeutiche sempre più personalizzate, rispondendo quindi al criterio di *tailored therapy e surgery*, obiettivo auspicabile di qualsiasi programma di prevenzione oncologica. Le stesse caratteristiche possono diventare un supporto prezioso per il clinico che chiede un indirizzo diagnostico, terapeutico, prognostico, sempre più "esperto".

Questo risultato è innovativo.

- **RA4:** verificare le potenzialità di tale soluzione tecnologica nel generare nuovi modelli sperimentali. Immaginiamo una Ricerca sempre più consapevole: il massimo potenziale di tale piattaforma sarebbe quello di ottenere indicazioni e informazioni su variabili cliniche, diagnostiche, terapeutiche, prognostiche, istologiche, biologico-molecolari o soprattutto dall'associazione di queste che non sono state indagate o prese in considerazione. Tutto ciò potrebbe aprire infinite possibilità sperimentali, stimolando nuove linee di ricerca e soprattutto caratterizzando con maggior precisione l'identikit del multiforme *profiling* oncologico. Il progetto prevede di utilizzare fattori di correlazione tra genotipi, fenotipi e patologie oncologiche a supporto delle più avanzate tecniche di *Machine Learning* e *Data Mining*.

Questo risultato è innovativo.

- **RA5:** testata e verificata tecnicamente in ambiente sperimentale e a seguito di studio di fattibilità da cui deriveranno indicazioni empiriche circa le potenzialità di business della soluzione ideata per la fetta di mercato di riferimento, si procederà alla industrializzazione della stessa, in termini di sistema da affiancare alle strumentazioni già esistenti o come sistema a se stante (ad esempio come una nuova sonda ecografica dotata di capacità diagnostiche automatizzate assistite da *Machine Learning*).

- **RA6:** massimizzare i risultati di R&S del progetto innovativo e promuovere la soluzione industrializzata attraverso un piano di comunicazione orientato alla divulgazione scientifica e alla commercializzazione del prodotto, al fine di valorizzare l'impatto sia sul piano della ricerca oncologica per la parte medica e sia le ricadute commerciali orientate al mercato di riferimento (centri diagnostici, cliniche, ospedali privati, privati convenzionati e pubblici) per la parte imprenditoriale, del progetto attuato.

Il conseguimento di tali risultati contribuirà ad un significativo miglioramento del servizio di *screening* delle patologie oncologiche, innalzando significativamente il livello di capacità predittiva in fase di preclinica e miglioramento del trattamento in fase clinica. Ciò sarà possibile attraverso l'introduzione e l'adozione di un innovativo sistema tecnologico basato sull'integrazione tra un sistema ES e un sistema di archiviazione e gestione dell'informazione/immagine clinica, che rappresenterà una soluzione innovativa nel mercato di riferimento della sanità digitale, particolarmente quella afferente al settore dello studio e del trattamento delle patologie oncologiche

L'obiettivo generale del progetto è quello di mettere a sistema una piattaforma tecnologica regionale, che realizzi fattivamente la sinergia tra attori e processi:

- di sviluppo sperimentale in ambito sia di ricerca pre-clinica sia di trattamento clinico;
- di ricerca industriale volta alla industrializzazione di un prodotto *software based* che rappresenti una nuova soluzione a problemi specifici quali: ritardi diagnostici nella realizzazione dei programmi di screening; mancato coordinamento nella gestione delle informazioni relative ai pazienti oncologici; mancanza di avanzati supporti tecnologici.

Il presente progetto mira a informare e integrare un normale programma di *screening* per la diagnosi precoce del carcinoma polmonare, cancro mammario, cancro colo-rettale, carcinomi gastro-intestinali, carcinoma epatico, carcinoma tiroideo e tumori maligni cutanei.

Le nuove tecniche del settore delle tecnologie informatiche, come le tecniche di *Pattern Recognition* ed il *Machine Learning*, sono applicate in tutte le fasi diagnostiche, migliorando le metodologie tradizionali; tutti i dati di screening e diagnostica informano un sistema esperto (ES) *knowledge based*, addestrato a riconoscere forme tumorali e che favorisca l'interoperabilità con diverse fonti e supporti, per consentire attività di ricerca e comunicazione anche a distanza tra specialisti dei settori in diverse sedi operative. Il sistema esperto implementa un *Computer Aided Detection/Diagnosis* (CAD) al fine di supportare il lavoro del medico nelle fasi di *screening* oncologico.

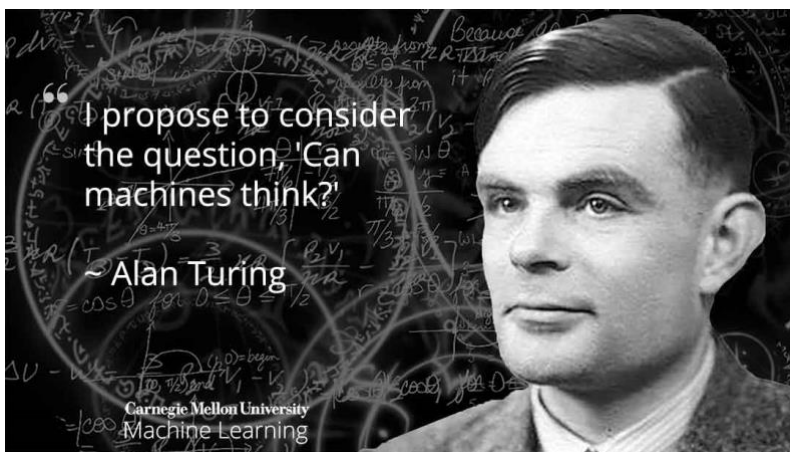
Il CAD può migliorare la sensibilità, la specificità e la precisione degli strumenti diagnostici tradizionali addestrandolo i modelli predittivi alla base dell'ES. L'obiettivo principale è migliorare le

interpretazioni diagnostiche assistendo il dottore con utili suggerimenti, per creare un software *CAD* autonomo, integrato, in grado di identificare e classificare un maggior numero di neoplasie o alterazioni in fase iniziale (pre-clinica), quindi afferenti alle normali procedure diagnostiche di screening. Il sistema integra sia una valutazione basata sulla diagnostica per immagini che le informazioni derivate dalla cartella clinica per fornire un supporto alla diagnosi. I dati saranno raccolti con il supporto delle strutture ambulatoriali dell'XI Divisione di Chirurgia Generale disponibili presso le strutture afferenti al Dipartimento di Scienze Mediche e Chirurgiche Avanzate dell'Università della Campania Luigi Vanvitelli, in particolare la XI Unità di Chirurgia Generale ed i relativi ambulatori. Tale struttura si è offerta inizialmente come modello-prototipo sperimentale e successivamente come ente di coordinamento clinico-oncologico. Una volta standardizzate le metodiche di acquisizione dati e di informatizzazione tecnologica, si procederà ad esportare tale modello in una o più realtà territoriali campane pubbliche e private, verificando la trasferibilità del *know how* tecnologico e la comunicazione dei differenti partner sanitari coinvolti. Una volta creata e testata la rete, si comincerà a coordinare l'afflusso dei dati clinici per l'addestramento dei modelli predittivi. Tale strumento andrà a costituire un supporto clinico diagnostico per tutti gli operatori coinvolti nelle diverse fasi del progetto. Il supporto *hardware* e *software*, la digitalizzazione di tutto il sistema ed un perfetto coordinamento degli attori principali (Unità Operative) saranno le chiavi del successo del progetto.

Non meno interessanti sono le possibilità di decodificazione di profili patologici originali e profili micro-macroArray di DNA complementare mediante analisi di frattale; quest'ultimo è un campo delle applicazioni in medicina dei modelli predittivi basati su Machine Learning attualmente poco esplorato. La collaborazione con un supporto di ingegneria professionale offrirà ulteriori possibilità, in particolare quelle relative all'accesso ai dati, la trasferibilità, l'acquisizione di una registrazione software, la paternità della ricerca dati e del risultato estrapolato, il valore sostitutivo a norma dell'informazione ottenuta allorché trasferita e comunicata, attraverso l'apposizione della firma digitale direttamente da pagina web. Naturalmente in una fase avanzata avremo una piattaforma tecnologica che non solo fornirà un supporto diagnostico, terapeutico e prognostico ai differenti attori sanitari in rete, ma essendo il primo sistema ad acquisire ed elaborare dati con questa tecnologia, sarà anche il sistema più esperto di analisi ed elaborazione dati in campo oncologico, quindi un potenziale riferimento nazionale e internazionale, sfruttabile negli *Health Decision Process* tanto di un Sistema Sanitario all'avanguardia, quanto di clinici e/o strutture private alla ricerca del supporto di un Network di ultima generazione.

Questo progetto mira a comprendere fino a che punto un sistema di Analisi Esperto “Intelligente”, possa supportare la diagnosi e la comprensione delle complesse e mutevoli patologie oncologiche...ma le mie riflessioni, ormai nelle fasi terminali del progetto sono entusiastiche in riferimento all’enorme potenzialità di analisi e calcolo delle innumerevoli variabili e dati, incerte invece riguardo alla capacità di sintesi, direi in un certo qual modo... deduttive. E’ vero che difficilmente avremmo mancato gli end points basati sullo studio dei Big Data e sulla loro interpretazione. E’ altrettanto vero che affinché i processi di inferenza basati sui sistemi di machine and deep learning producano risultati innovativi, sono necessari tempi lunghi e continuità nella restituzione delle informazioni al sistema. Rimango però dubbioso su quale sia il ruolo che l’intelligenza artificiale possa avere o debba avere nel rapporto medico-paziente. Un rapporto che è basato su criteri molto lontani dall’analisi o dal calcolo, elementi sicuramente utili, ma secondari rispetto all’elemento umano (di cui purtroppo sempre più spesso manchiamo). Elemento che fonda la diagnosi su percezioni, sentimenti, empatia che costituiscono insieme all’intuito, elementi unici dell’essere umano. Una variabile che è ora oggetto di studi e che in molti ambiti scientifici si definisce come “Innsaei”.

Sorge quindi spontanea la domanda: “Le macchine possono pensare?”

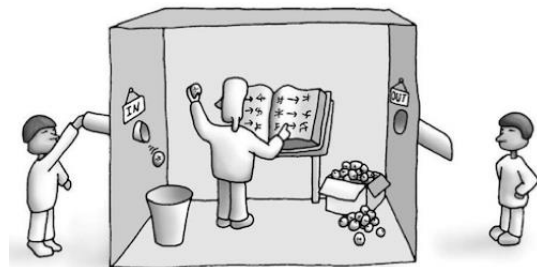
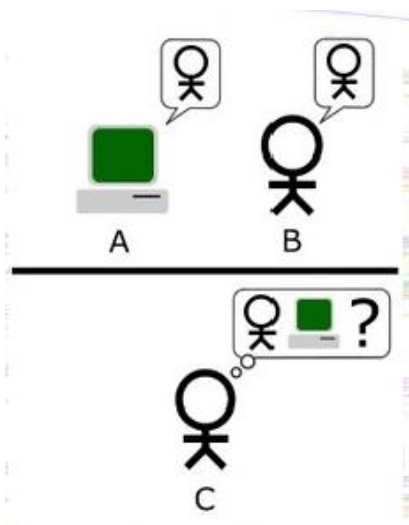


Oltre settanta anni fa, un geniale matematico pubblica su *Mind* un articolo dal titolo: *Computing Machinery and Intelligence*. Iniziando con la domanda: “**Can machines think?**”. Le macchine sono in grado di pensare?

Nel 1920, lo scrittore ceco Karel Čapek descriveva nella sua opera teatrale “R.U.R.” entità intelligenti create dall’uomo e coniava il termine “robot”. A distanza di un secolo la questione sull’Intelligenza Artificiale (IA) è passata dal mondo della fantascienza a quello della realtà: oggi le “IA deboli”, programmi in grado di risolvere problemi specifici come – o in alcuni casi meglio di – un essere

umano, esistono già da molti anni (vedi Deep Blue, Watson, etc.” Numerosi sono i tentativi di realizzare assistenti virtuali come Siri, Alexa o Cortana – rispettivamente prodotti da Apple, Amazon e Microsoft. Oggi l’intelligenza artificiale “forte”, in grado di essere una “mente” a sé stante, non è ancora stata raggiunta: lo sarà mai?. Sono molte le speculazioni a riguardo, le più celebri sicuramente quelle di Alan Turing e di John Searle.

Alan Turing propose un approccio alternativo, basato sul “gioco dell’imitazione”. Nella versione originale di questo esperimento, un uomo ed una donna devono rispondere a delle domande poste da un interrogatore che si trova in un’altra stanza e non sa chi dei due sia l’uomo e chi la donna: il suo scopo è determinare correttamente il sesso dei due partecipanti, mentre il giocatore maschio deve cercare di trarlo in errore. Secondo Turing, la domanda sul ”pensiero” delle macchine può essere più correttamente riscritta nei seguenti termini: se al posto del partecipante maschio si mettesse una macchina, la percentuale di risposte sbagliate da parte dell’interrogatore resterebbe invariata? Per lui, questo tipo di esperimento sarebbe sufficiente a fornire una stima della capacità della macchina di ragionare; per di più, era convinto che ottenere una tale entità fosse per lo più una questione di programmazione, e non di “hardware” – di come la macchina sia costruita.



Di opinione diversa è **John Searle**, un famoso filosofo statunitense che a lungo ha sostenuto l’impossibilità per le IA di pensare. Secondo lui, un programma – per quanto sofisticato – non può veramente essere considerato in grado di “pensare” perché manca di “intenzionalità” e di quelli che lui definiva “poteri di causalità”. Occorre tuttavia tenere conto che questa sua convinzione si applica solo ad entità basate su algoritmi, e che Searle non escludeva del tutto la possibilità di ottenere macchine in grado di “pensare”. Nel suo articolo “Menti, cervelli e programmi”, pubblicato nel 1980, ricorre ad un interessante esperimento mentale per supportare la sua opinione, noto come la **Stanza Cinese** di Searle. Egli parte dai risultati di un programma di Roger Schank, in grado di prendere piccoli racconti in inglese – composti da due o tre frasi – e di rispondere a semplici domande sul contenuto del testo. Questo programma è basato su un determinato algoritmo, una serie di istruzioni

da eseguire in uno specifico ordine. Nel suo esperimento, allora, Searle immagina di venire rinchiuso in una stanza e di ricevere una serie di scritte in cinese – lingua a lui completamente aliena. Fornendogli dall'esterno una serie di *domande* (in cinese) e delle *istruzioni* (in inglese) sufficientemente esaustive su come manipolare formalmente i simboli in base alla forma o alla posizione nel testo, Searle sarebbe in grado di fornire delle risposte corrette e dotate di senso logico. Inoltre, ripetendo la procedura svariate volte potrebbe anche diventare fluente nel rielaborare i simboli, e fornire risposte valide in modo veloce. Questo però non vuol dire che sappia leggere il cinese, o che abbia compreso il testo che gli è stato fornito inizialmente! Traendo un parallelo tra il programma di Schank e l'esperimento mentale, Searle quindi conclude che simili programmi di intelligenza artificiale, pur creando l'illusione di comprensione, non possano essere in grado di pensare veramente.

Il test di Turing fornisce un metodo per mettere alla prova un'intelligenza artificiale, nonostante abbia alcuni difetti – come il fatto di essere ingiusto verso l'IA, che non solo deve essere in grado di pensare ma anche di dissimulare la propria natura e fingersi umano.

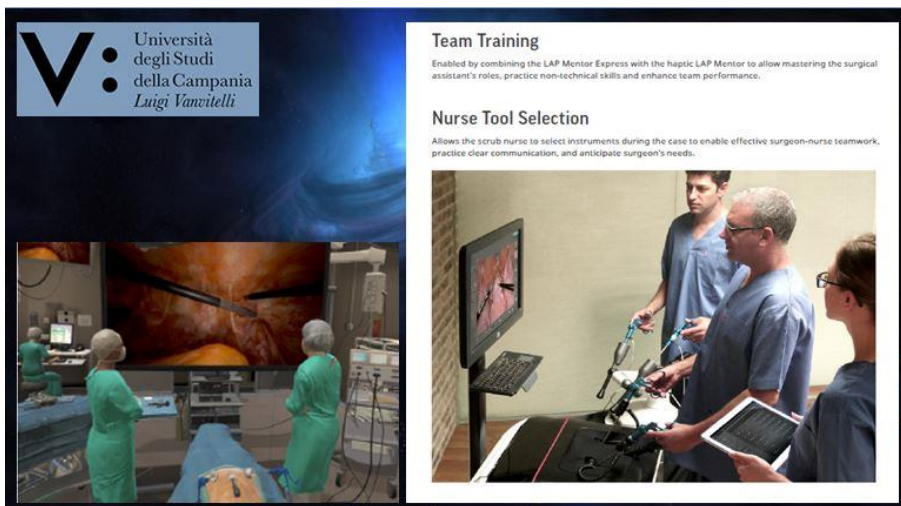
L'argomentazione di Searle, d'altro canto, è ragionevole: il fatto di poter sostenere una conversazione fingendo comprensione – come fanno gli assistenti virtuali citati in precedenza – non implica assolutamente comprensione o pensiero originale.

La verità è che sono sempre di più i maestri e gli analisti più esperti di scacchi e di go a riconoscere originalità negli schemi di gioco, come se le potenzialità quasi illimitate di calcolo spingessero l'intelligenza artificiale a un tal punto di profondità di analisi da individuare nuovi schemi di gioco, rivoluzionando le dinamiche stesse del gioco. Solo calcolo o ci troviamo di fronte alle radici nascoste della genialità, dello spirito creativo. In effetti se un'intelligenza artificiale è in grado di creare un suo stile di gioco, nulla vieta di credere che fornendo gli elementi giusti un tale sistema sia in grado di comprendere equazioni e leggi fisiche, di “intuire” dinamiche e comportamenti biologici complessi, decifrando i codici del nostro dna o le stringhe dell'universo...

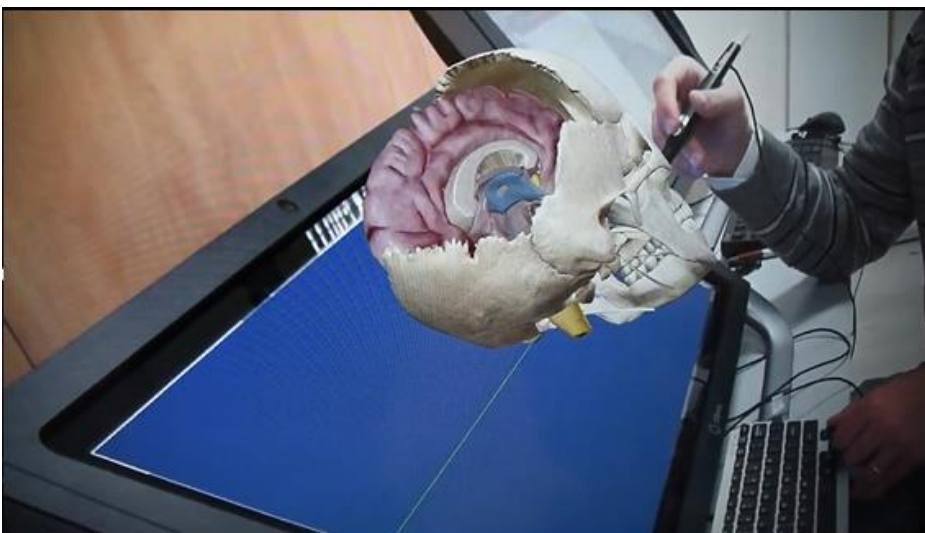
Riecheggia la sinistra profezia di Isaac Asimov, che anticipa di alcuni decenni i discorsi sulla Singolarità: quando venne acceso Multivac, il primo supercomputer senziente, gli venne chiesto se esistesse Dio. La risposta fu raggelante: “Adesso sì”.

Il tenebroso dilemma su cosa voglia dire realmente “pensare”, allarga lo scenario su una visione che potrebbe avere risvolti ancora più oscuri: “Il confine tra reale e virtuale, tra naturale e artificiale”.

Da anni lavoro nel nostro istituto a metodiche di apprendimento con tecnologie innovative nell'ambito anatomico-chirurgico: grazie alla lungimirante visione di mio padre e dei suoi brillanti successori, abbiamo la possibilità di formare i nostri giovani laureandi dell'ultimo anno e soprattutto i nostri specializzandi con i Simbionix; si tratta di simulatori laparoscopici, in grado di ricostruire con dettagli estremamente elevati uno o più scenari chirurgici con difficoltà crescenti e con la possibilità di misurare in ogni sua parte l'intera procedura chirurgica. Permettendo così di creare un vero e proprio percorso di tutoraggio operatorio.



Di recente abbiamo acquisito anche la possibilità per gli studenti di medicina e di anatomia chirurgica di studiare le regioni anatomiche in 3D riuscendo a navigare letteralmente all'interno del corpo digitale.



Queste potenti tecnologie formative sono alla base di un interessante progetto che stiamo sviluppando sulla realtà aumentata: **“zSpace Technology for Anatomical Research and Diagnostic Upgrade**

for Surgical Treatment (STARDUST), zSpace Transdimensional Anatomical Research (STAR)”.

L'avvento di tecniche basate su algoritmi che trasformano le proprietà fisiche della materia in imaging anatomico rappresentano il vero breakthrough dei procedimenti medici e chirurgici. La trasformazione del semplice orientamento delle molecole d'acqua (MR) o delle proprietà fisiche (CT, micro CT) o ecogene della materia in imaging anatomico con risoluzione 10⁻⁴, costituisce il fondamento dell'iter diagnostico, della real-time evaluation e dell'end-point definition. Migliorare la formazione attraverso supporti digitali tridimensionali e interattivi è già la realtà, ma applicare tale tecnologia alla Diagnostica per Immagini, per implementarne l'accuratezza, per semplificare l'identificazione di lesioni sospette, per migliorare lo scenario diagnostico e soprattutto validare tale tecnologia come supporto diagnostico è la prima sfida che questo progetto si propone. Il secondo obiettivo è utilizzare le tecnologie disponibili per creare uno scenario chirurgico virtuale e dinamico, in grado di perfezionare e magnificare lo scenario operatorio attraverso metodiche di reality augmentation e navigazione chirurgica. Tali obiettivi sono in linea con le priorità del Programma quadro di ricerca innovazione Horizon 2020; il Progetto mira a generare, un supporto tecnologico di alto livello, finalizzato a rafforzare l'eccellenza scientifica dell'UE a livello nazionale e internazionale; la collaborazione con una PMI leader nel settore della digitalizzazione e della Reality Augmentation offre interessanti scenari economici attraverso concrete linee di sviluppo industriale e della cura dell'individuo. Il progetto muove dalla consapevolezza che, ad oggi, le tecniche di imaging medicale (radiodiagnostica e endoscopia digitale) hanno limiti nel rappresentare le complesse relazioni 3D dell'anatomia umana, indispensabile sia per una corretta terapia chirurgica sia per una accorta valutazione del follow-up. Una dettagliata conoscenza dell'anatomia umana, infatti, coinvolge e interessa la padronanza dei rapporti tridimensionali, rappresentati dalla forma delle strutture anatomiche e dei loro rapporti, consci che una iper-semplificazione dell'anatomia rappresenta un danno alle tecniche chirurgiche. Per identificare con successo le strutture anatomiche normali e/o patologiche all'interno di un data-set di file tridimensionali, come risultato dei sistemi di imaging medicale, i medici devono compiere un complesso sforzo di spatial cognition. Essi devono integrare, una grande serie di immagini 2D e tendere a rappresentarle in termini cognitivi in immagini 3D per definire il tessuto o l'organo di interesse. In generale, una buona conoscenza dell'anatomia umana è richiesta a tutti i medici: molto spesso, ciò si traduce nel limite che non sempre i medici riescono a comunicare e a trasferire pienamente la loro personale elaborazione concettuale al trattamento, sia esso chirurgico o clinico specie in ambito oncologico. La concettualizzazione di immagini tridimensionali rappresenta, un processo cognitivo complesso poiché richiede un ampio

impiego della memoria di lavoro. Pertanto è indispensabile che siano introdotte e adottate nella diagnostica avanzata immagini tridimensionali olografiche tali da garantire una maggiore precisione clinica e chiari scenari chirurgici virtuali. Il design del procedimento chirurgico integrato da un sistema olografico di navigazione chirurgica, consente una precisa valutazione dell'estensione di una neoplasia da trattare.

Soluzioni tecnologiche basate su immagini mediche tridimensionali olografiche consentono di ridurre il gap informativo tra radiodiagnosti e chirurghi/oncologi e tra medico e paziente e di presentare l'informazione ottenuta dall'imaging medicale in 3 dimensioni piuttosto che in 2 dimensioni o 2.5 dimensioni (visualizzazione, cioè, di data set 3D in un piano 2D). In questo modo si tende non solo a ridurre lo sforzo cognitivo, ma soprattutto a limitare l'arbitrarietà di interpretazione delle lesioni sia da parte dell'operatore che referta sia di chi deve successivamente interpretare il referto per trattarla. Affinché questo tipo di visualizzazione avanzata sia introdotta e accettata negli ambienti clinici, è necessaria l'introduzione, nei protocolli di imaging medico avanzato approvato, una fase test di adozione di sistemi IHS (interactive holographic system) all'interno del workflow di un reparto di imaging. Questo approccio deve rappresentare un metodo formativo già nel percorso formativo dello studente di medicina durante l'apprendimento dell'anatomia umana. L'olografia permette, infatti, all'utente di visualizzare completamente immagini in parallasse e auto stereoscopiche 3D. L'ambiente di lavoro che si intende creare è un sistema di realtà virtuale interattivo in tempo reale integrato in una stazione di lavoro di diagnostica DICOM, standard internazionale per le immagini medicali in diagnostica per immagini. L'approccio che si intende utilizzare è notevolmente diverso dalle tecnologie di 3D rendering, in quanto consente ai fruitori di visualizzare e, cosa fondamentale, interagire con i tessuti e gli organi in uno spazio 3D aperto (piuttosto che su un monitor 2D) utilizzando uno stilo a mano come se si trattasse di oggetti fisici reali. All'interno di questa attività di ricerca saranno realizzati ologrammi statici e/o dinamici a colori di differenti rappresentazioni tumorali e scenari chirurgici virtuali.

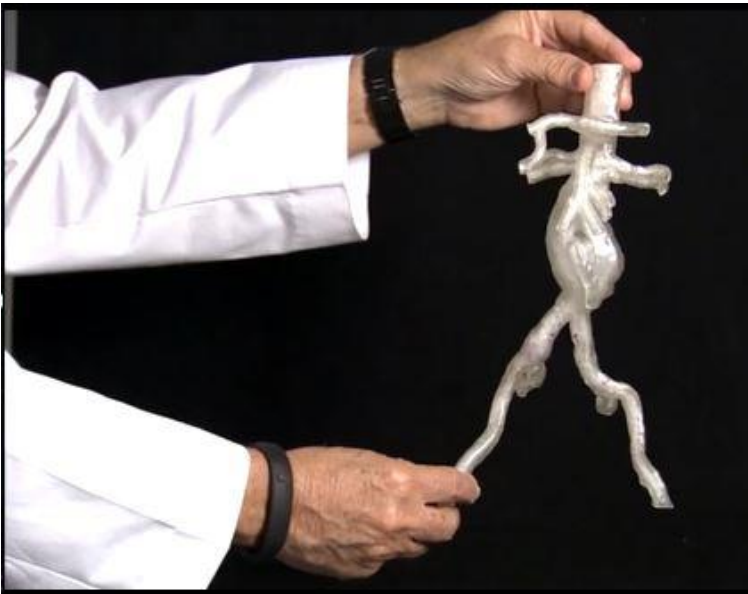
Quindi, le innovazioni che si intendono conseguire sono, la creazione di una "Anatomia algoritmica e protesica" che consenta:

- l'identificazione immediata della regione di interesse e la sua posizione in relazione all'anatomia circostante,
- il rilevamento con estremo dettaglio delle strutture clinicamente rilevanti mostrando con precisione informazioni di profondità che valorizzano i limiti anatomici del reperto,
- analisi interattiva della zona interessata dalla lesione.

L'innovazione nell'utilizzo di tecniche di visualizzazione olografica si sostanzia in una conoscenza anatomica corretta, una maggiore tolleranza al rumore dell'immagine ed una migliore percezione

visiva. Attraverso l'installazione di una particolare workstation virtuale olografica, si avrà accesso ad un sistema hardware-software che include l' head tracking, il rendering stereoscopico (una visione in tempo reale, ampiamente oltre la soglia di rilevamento umano), con sei gradi di libertà degli oggetti tridimensionali elaborati.

Lo step successivo è quello di rendere questo contesto anatomico navigabile chirurgicamente prima su un modello ideale e poi una volta standardizzate le procedure chirurgiche open e quelle video assistite, di passare dalla fase di formazione avanzata ad una fase più complessa di reality augmentation, attraverso la possibilità di ricreare modelli

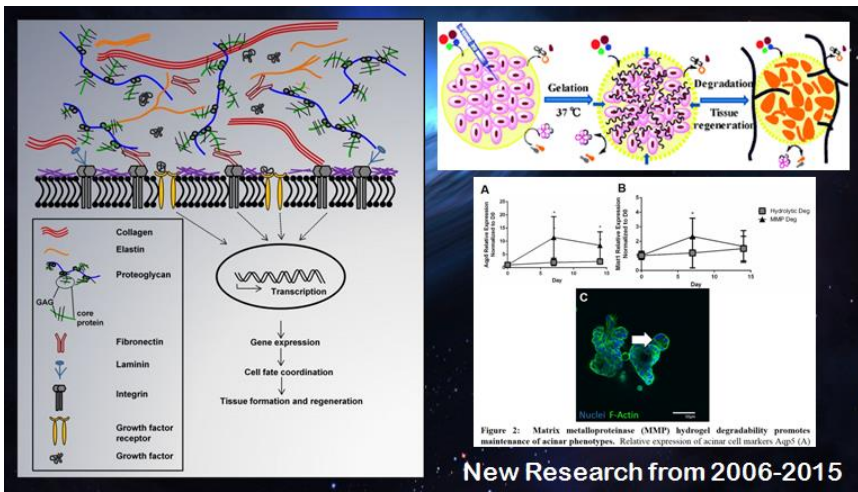


virtuali da immagini TC reali. Questo consentirebbe come già detto, di migliorare molteplici parametri di performance diagnostica e interpretativa, ma non solo..offrirebbe infatti la possibilità di una navigazione chirurgica virtuale di un caso reale, offrendo la possibilità di simulare anticipatamente la procedura chirurgica, di raccogliere preziose informazioni su reperi e volumi



ricostruttivi eventualmente necessari.

Si apre in questo modo la strada alla fase finale e più complessa del progetto stesso: la creazione cioè di modelli protesici assolutamente personalizzati, utilizzando le cellule staminali del paziente per creare con le stampanti 3D, bioscaffold, matrici da far colonizzare per generare il neotessuto.



Quest’ultima prospettiva sebbene ambiziosa e con molteplici incertezze di risultato, aprirebbe scenari nuovi nella chirurgia generale e in particolare protesica, rispondendo al principio dell’ “Tailored Surgery”.

Con questo progetto se le mie aspettative non saranno disattese si realizzerà un ponte tra formazione e simulazione chirurgica avanzata, implementazione grafica 3D, Integrazione Diagnostica digitale e Reality Augmentation, Cellule staminali, Stampanti 3D e Tailored Surgery. Un ponte tra Reale e Virtuale, tra Naturale e Artificiale. Ma quello di cui vi sto parlando, non lo possiamo forse definire “uno stadio intermedio”?



Ho raccontato però di oscurità...ebbene si, il racconto qui si fa complesso, illuminante in questo campo l'interpretazione del Prof. Tagliagambe dell'Università Magna Grecia di Catanzaro che nella sua relazione parla proprio di "Naturale/Artificiale: un confine in continuo movimento".

Nel 1922 Florenskij ha ipotizzato la possibilità di stabilire uno stretto parallelismo tra linguaggi del corpo e tecnologie, basato sul presupposto che gli oggetti si costruiscano a partire dalla vita organica profonda e non da quella superficiale, e che in profondità ciascuno di noi abbia potenzialmente nel suo corpo diversi organi non svelati, che può però rendere manifesti in proiezioni tecniche. Da questo deriva anche il contrario la vita può realizzare tecnicamente la proiezione di alcuni organi prima che ci accorgiamo della loro esistenza anatomica e fisiologica in noi stessi o anche in altri organismi, in altre creazioni non umane della vita, o forse anche nell'uomo allo stato di embrione. Se lo studio degli organismi è la chiave delle invenzioni tecnologiche, allora anche, viceversa, le invenzioni tecniche possono essere considerate come il reagente per la conoscenza di se stessi. La tecnologia può e deve ispirare la biologia, così come la biologia deve ispirare la tecnica. Dentro di noi e anche nella vita scopriamo tecniche ancora non realizzate nella tecnologia aspetti della vita ancora non studiati. La forma della tecnica e la forma della vita sono parallele ma alcuni sviluppi dell'una possono andare avanti o rimanere indietro rispetto all'altra. E questo ci permette di giudicare ciascuna di queste linee per prevedere nei tempi lunghi, più di quanto abbiamo fatto finora, la forma della vita nella nostra mente, la forma della tecnologia nella realtà. Richard Feynman nel 1981 assestò un colpo micidiale all'idea che la natura possa essere conosciuta passando attraverso il riferimento a un sistema teorico capace di rappresentare in modo rigoroso ed esaustivo la conoscenza relativa a essa. Nel corso della prima conferenza sulla fisica e la computazione, tenutasi in quell'anno al MIT, egli presentò infatti una memoria dal titolo *Simulating Physics with Computers* in cui venivano poste quattro domande

- Può la fisica classica essere simulata da un computer classico?
- Può la fisica quantistica essere simulata da un computer classico?
- Può la fisica essere simulata da un computer quantistico?
- Può una simulazione quantistica essere universale?

La conclusione che egli traeva dalla sua analisi era che la natura non è classica, per cui se si vuole produrne una simulazione è molto meglio farlo attenendosi ai criteri e ai principi che sono alla base

del modo in cui si comporta la realtà, seguendo cioè il suo stesso percorso. Rispetto alla posizione di Hilbert ciò comportava un mutamento di prospettiva fondamentale la computazione non poteva, a suo giudizio, essere ritenuta un affare interno della matematica e della logica, ma doveva essere considerata anche e soprattutto per i suoi legami con il mondo della fisica e risultare conforme alle acquisizioni di quest'ultima. Stati puri possono essere sommati determinando nuovi stati puri, per cui un sistema quantistico si può trovare in una sovrapposizione di stati.



Il fenomeno dell'entanglement è una conseguenza della linearità dell'equazione di Schrödinger, la quale implica che il sistema composto costituito dall'oggetto più l'apparato misuratore evolva in una sovrapposizione di stati, quando lo stato del sistema oggetto è esso stesso una sovrapposizione.



Il famoso paradosso del gatto di Schrödinger costituisce l'esemplificazione tipica di tale problema. Un gatto che venga chiuso in una scatola e collegato a un meccanismo che ne provochi o meno la morte per avvelenamento, a seconda del decadimento o meno (eventi che hanno, poniamo, identica probabilità di realizzarsi) di un atomo di una una sovrapposizione sostanza radioattiva, si troverà in

uno stato entangled con quello di un tale atomo, cosicché il sistema composto da gatto e sostanza radioattiva (trascurando gli altri elementi, quali scatola e marchingegno) risulterà essere in dello stato in cui l'atomo non è decaduto ed il gatto è vivo e di quello in cui l'atomo è decaduto ed il gatto è morto. Questo finché non venga sottoposto a misurazione da parte di un osservatore che apra la scatola e constati la situazione del gatto (e dell'atomo).



Descrivere non equivale a misurare di per sé la descrizione prescinde dalla dimensione temporale, mentre la misura implica un'azione irreversibile che auspicabilmente porta a un'informazione intesa quale esito di un'azione che dà forma d'altra parte, per definizione, ogni azione richiede tempo ed energia (nella fisica quantistica l'azione è un concetto fondamentale essa è espressa dal prodotto di un'energia per un tempo e si misura in unità della costante di Planck, h $6,610 \cdot 10^{-34}$ Js). Per passare da una descrizione in cui il soggetto non ha un ruolo di effettiva partecipazione a una misura attiva occorre dunque rimuovere la stazionarietà e entrare nella dimensione tempo. Il problema maggiore della meccanica quantistica è proprio quello di conciliare l'aspetto reversibile dell'evoluzione con quello intrinsecamente irreversibile della misurazione. La teoria quantistica senza osservazione, come afferma Heisenberg non determina più i fenomeni stessi, ma la loro possibilità, la probabilità che succeda qualche cosa. Che cosa succede quando si fa una misura? La misura provoca IL COLLASSO (o RIDUZIONE) del PACCHETTO D'ONDA. Lo stato rispetto a cui una data proprietà era indeterminata, si trasforma nello stato che decide quella proprietà. Che cosa ha determinato il passaggio dalla POSSIBILITÀ alla REALTÀ ? La scelta e l'azione dell'OSSERVATORE?

Heisenberg Le onde di probabilità di Bohr, Kramers, Slater possono essere interpretate come una formulazione quantitativa del concetto aristotelico di Dunamis di possibilità, chiamato anche più tardi col nome latino di potentia. L'idea che quanto succede non sia determinato in modo perentorio, ma che già la possibilità o tendenza al verificarsi d'un fatto possieda una specie di verità ha, nella filosofia di Aristotele, una parte decisiva. Si tratta d'una specie di STRATO INTERMEDIO, che sta in mezzo fra la verità massiccia della materia e la verità spirituale dell'idea o dell'immagine. Il rapporto tra la possibilità e la realtà, quale si presenta nella MQ, sembra dunque presentarsi come un processo di coagulazione, di solidificazione, di continuo rastremarsi del possibile verso il reale, del virtuale nel qui e ora che conferisce significato al tempo, che rispecchia questo ininterrotto processo di evoluzione che rende macroscopiche e percepibili solo alcune variazioni, dissipando le piccole increspature. Per cominciare a capire cosa sia questo mondo intermedio immaginiamo, in un modello del tutto intuitivo, un atomo che abbia un solo elettrone nell'orbita più esterna. Questo elettrone può essere eccitato in un'orbita più ampia illuminandolo con una luce di una particolare frequenza. Se lo stato eccitato è abbastanza stabile possiamo utilizzare quest'ultimo e lo stato precedente (ossia quello relativo all'orbita interna) rispettivamente come gli stati 1 e 0. Se poi lo stesso raggio di luce viene inviato sull'elettrone quando questo si trova nell'orbita esterna esso ritorna all'orbita interna, emettendo un fotone. In sostanza questo meccanismo, descritto in maniera quanto mai approssimativa, potrebbe essere utilizzato per realizzare a livello di un singolo atomo l'operatore $\sqrt{\text{NOT}}$.

Un tipico modello fisico per l'operatore $\sqrt{\text{Not}}$ $|0\rangle \rightarrow |1\rangle ; |1\rangle \rightarrow |0\rangle$.

Ma che succede se inviamo sull'elettrone un raggio di luce per una durata di tempo che è la metà di quella necessaria a farlo saltare nell'altra orbita e dunque per portare a compimento l'operazione logica $\sqrt{\text{NOT}}$ appena descritta? In questo caso lo stato dell'elettrone non sarà né $|0\rangle$ né $|1\rangle$, ma piuttosto una sovrapposizione di entrambi gli stati. Dal punto di vista logico per avere un analogo di questa situazione dobbiamo introdurre un nuovo operatore $\sqrt{\text{Not}}$ che può essere considerato come un tentativo di negazione parziale, una sorta di mezza negazione, che trasforma valori precisi e ben definiti d'informazione come $|0\rangle$ o $|1\rangle$ in qualcosa di massimamente incerto. Nella logica booleana e in quella fuzzy non c'è alcuna operazione logica corrispondente a questa.

Il ricorso a questa nuova operazione logica $\sqrt{\text{Not}}$ non va tuttavia ritenuto arbitrario, in quanto risulta motivato dall'esistenza in natura di un suo fedele modello fisico. Un tipico modello fisico per l'operatore $\sqrt{\text{Not}}$

IL QUANTUM BIT

Se a questo punto immaginiamo ulteriormente che l'atomo in questione sia un bit, esso contiene contemporaneamente i due valori 0 e 1. Solo quando andremo a misurare quale sia il valore l'atomo collasserà in uno stato definito. Utilizzando in tal modo un atomo si può memorizzare un'unità di informazione, ossia un bit. Nel 1995, Ben Schumacher coniò il termine qubit (quantum bit) per denotare tale entità. Un bit digitale se viene misurato può essere solo 0 o 1, con certezza, mentre un bit analogico può assumere qualsivoglia valore tra 0 e 1. Un qubit è, invece, una sovrapposizione di 0 e 1. Il qubit è dunque l'informazione contenuta in un sistema quantistico a due stati, come lo spin di un elettrone. Dove l'elettrone non sia in uno stato definito, ma in sovrapposizione di stati (Spin su) e (Spin giù), qualora si assegni allo stato (Spin su) il valore binario 0 e allo stato (Spin giù) il valore binario 1, si dovrà concludere che il sistema elettrone si trova in uno stato che rappresenta la sovrapposizione di 0 e 1 uno stato classicamente inimmaginabile!



IL COMPUTER QUANTISTICO

Come sottolinea Ernesto Hofmann l'entanglement, insieme alla sovrapposizione, è la chiave di volta dell'intero funzionamento del computer quantistico. Senza l'entanglement, infatti, come si potrebbero correlare i risultati ottenuti con i valori in ingresso? Per comprendere più facilmente questo fondamentale concetto si può ricorrere a una semplice metafora. Si immagini di avere un insieme di domande, quali per esempio la moltiplicazione di diverse coppie di numeri molto grandi, e di distribuire tali moltiplicazioni tra più persone. Ciascuna di queste trascriverà il proprio risultato su di un foglietto che porrà in una scatola. La scatola in questo esempio rappresenta il registro di qubit in uscita. Estrarre di volta in volta dalla scatola un risultato equivale a far collassare il registro dei qubit a un valore preciso dopo una misura. Ma il risultato ottenuto a quale domanda, ossia a quale

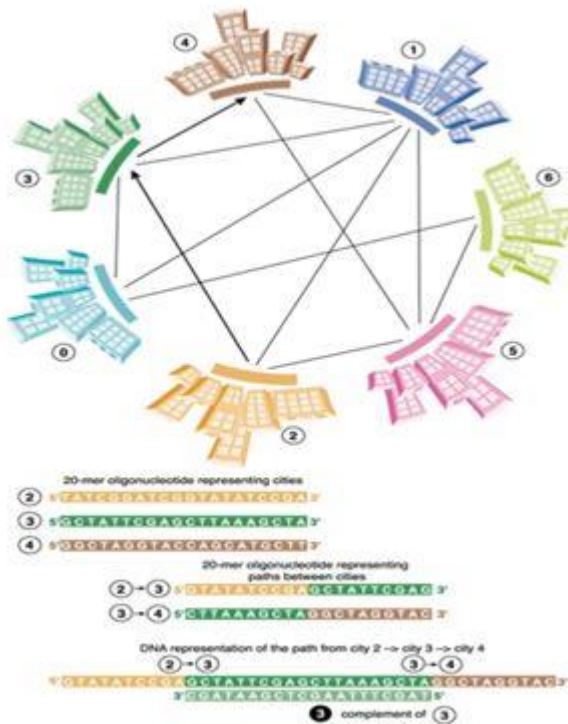
moltiplicazione, corrisponde se sul foglietto è scritto solo il risultato? Nel computer quantistico è proprio il meccanismo dell'entanglement che consente di associare i singoli risultati alle rispettive domande. Allo stesso tempo il principio dell'interferenza fa in modo che se viene estratto un foglietto con un risultato vengono contemporaneamente distrutti tutti gli altri. Con i tre fondamentali meccanismi della sovrapposizione, dell'entanglement e dell'interferenza è possibile costruire un'intera logica circuitale quantistica, almeno a livello concettuale, con la quale si può mettere in luce la straordinaria capacità di calcolo di un computer quantistico. Feynman, nel 1981, non andò molto al di là di un'intuizione generale. Ma essa costituiva già un'indicazione dell'esigenza non solo di capire meglio la realtà di un mondo, quello della meccanica quantistica, che pur essendo alla base delle più complesse teorie della fisica e di spettacolari applicazioni tecnologiche, dal punto di vista concettuale continua ad apparire enigmatico e nebuloso, ma anche di approfondire il significato di ciò che è realmente la computazione e la sua funzione rispetto non solo alla matematica, ma anche alle scienze che usualmente denotano, cioè descrivono un dominio di realtà e cercano di decifrarne le strutture costitutive e le leggi. Va ricordato in proposito che già nello stesso convegno del 1981 un altro fisico, Paul Benioff, aveva presentato un modello di computer quantistico basato su di un'ipotetica macchina di Turing che funzionava eseguendo una sequenza di operazioni effettuate secondo le leggi della meccanica quantistica. Pur essendo ancora molto approssimativo nei dettagli costruttivi, il modello di Benioff era sufficientemente solido dal punto di vista concettuale. Tre anni dopo lo stesso Feynman ne presentava una propria versione semplificata e migliorata.

LA CONVERGENZA DELLA FORMA DELLA TECNICA E DELLA FORMA DELLA REALTÀ

Ci si incamminava così verso la disponibilità di una tecnica e di uno strumento di calcolo che anziché trasporre il problema da affrontare in un linguaggio differente da quello in cui il problema medesimo era formulato e risolverlo affidandosi a una logica estranea a esso, seguiva lo stesso andamento dei fenomeni e dei processi da studiare emulandone il comportamento. Ciò significa che, se lasciato evolvere, questo sistema farà evolvere simultaneamente tutti gli stati in sovrapposizione, realizzando una sorta di funzionamento in parallelo, per il quale si usa l'espressione parallelismo quantistico. Se l'equazione di evoluzione verrà scelta in modo tale da portare alla soluzione di un determinato problema, tutto ciò che occorrerà fare sarà pertanto lasciar evolvere il sistema verso la soluzione desiderata, alla quale esso si porterà, valutando simultaneamente tutti i dati in sovrapposizione fornitigli. Questa tecnica, oltre a risultare enormemente vantaggiosa qualora si debba utilizzare il computer per valutare una serie di dati

numerossissima, può essere considerata senza forzature la traduzione operativa di ciò che Florenskij intendeva dire quando sosteneva che la forma della tecnica e la forma della realtà, anziché essere reciprocamente estranee come può sembrare a prima vista, procedono parallelamente, anche se in modo che può essere sfasato.

IL DNA COMPUTER



Nell'Organoproiezione Florenskij prospetta, come si è visto, l'idea di un parallelismo, sia pure sfasato, tra evoluzione degli organismi viventi e sviluppo della tecnica. Questa ipotesi risulta corroborata da un'intuizione dell'inizio degli anni 90, quando Leonard Adleman propose, a sua volta, un parallelismo e un'analogia tra i meccanismi biologici che avvengono nell'ambito di una cellula, allorché viene manipolato il DNA, e il comportamento di un computer. Per esempio la DNA-polimerasi è un enzima, ossia una nanomacchina molecolare, in grado di leggere un'elica del DNA (che è un'unica molecola) e scrivere la sua versione complementare in una nuova elica. Il comportamento di questo enzima ricorda quello della macchina di Turing, paradigma di qualsivoglia computer, nella quale viene letto un nastro che a sua volta viene riscritto. Il fatto che nell'elica del DNA ci siano quattro possibili simboli (A,T,G,C) mentre nel nastro di Turing i simboli sono due (0 e 1) è sostanzialmente irrilevante. Inoltre Adleman era a conoscenza di altre prodigiose macchine biologiche come la ligasi, che consente di unire due o più molecole di DNA, o come le nucleasi, che permettono di tagliare opportunamente sequenze di DNA. Gli erano altresì note

tecniche come l'elettroforesi, con la quale è possibile separare un insieme di molecole di DNA in gruppi di uguale lunghezza, o come la sintesi artificiale del DNA, per mezzo della quale aziende specializzate sono in grado di costruire enormi quantità di molecole di DNA secondo una sequenza prestabilita. Nel 1994 egli spiegò come fosse possibile utilizzare il DNA-computing per risolvere un problema simile a quello che deve affrontare un commesso viaggiatore che voglia trovare la via più breve per visitare tutte le città che gli sono state assegnate. Questo problema potrebbe sembrare semplice, ma al crescere del numero delle città esso diventa pressochè insolubile, almeno in tempi ragionevoli, anche per un supercomputer. A tal scopo Adleman utilizzò i componenti di base che costituiscono la molecola del DNA per rappresentare dei vertici su di un diagramma e, attraverso reazioni biochimiche, riuscì a realizzare dei modelli sul grafico per risolvere correttamente un problema teorico. Fondamentalmente il DNA funziona attraverso la sintesi e l'inibizione della produzione di certe proteine. Gli scienziati hanno identificato quali parti del DNA stimolano o inibiscono la produzione di certe proteine ed hanno inoltre assegnato un segnale binario a esse. Per esempio, se una proteina è stata sintetizzata allora viene indicata con 1, se è stata inibita con 0. Aggiungendo proteine a sufficienza si avrà una circuitazione logica proprio come in un microchip di silicio. Adleman fu così in grado di costruire molecole di DNA che rappresentavano le diverse città e riuscì anche a costruire tutti i diversi possibili percorsi che collegavano tra loro le varie città. Il passo successivo fu la capacità di scartare quei percorsi che iniziavano e terminavano con città sbagliate, che erano troppo lunghi o troppo corti o che comunque non rappresentavano l'itinerario desiderato. Benché fosse stato necessario poco più di un secondo per completare nella provetta le reazioni chimiche, ci vollero alcune settimane per estrarre il percorso desiderato. Poiché tuttavia le reazioni biochimiche avvengono con uno smisurato livello di parallelismo, essendo attuate da migliaia di miliardi di molecole, in questo specifico caso il DNA-computing può essere molto più rapido di un supercomputer, soprattutto all'aumentare del numero di città. Inoltre la capacità di memorizzazione del DNA è anch'essa enormemente superiore rispetto a un computer tradizionale poichè un grammo di DNA, equivalente all'incirca a un centimetro cubo, può immagazzinare l'informazione contenuta in mille miliardi di CD.



Il Dna computer si presterebbe maggiormente al lavoro di immagazzinamento e reperimento delle informazioni mentre invece per altri aspetti esibisce limiti che ne restringono profondamente il raggio d'azione. Per fare due esempi tipici dei mattoni fondamentali della programmazione, la reazione a DNA può dire se una lista di 0 e di 1 contiene un numero pari di 1, ma non può contarne il numero. Inoltre sa rispondere Sì o No, ma non eseguire azioni più complesse, per esempio correggere l'ortografia di una parola. Tuttavia, potendo rispondere Sì o No a miliardi di domande contemporaneamente, la sua utilità possibile è fuori discussione. Proprio da simili considerazioni è nata l'idea di cercare di trarre da ognuno il meglio delle rispettive possibilità. Per questo molti prevedono l'avvento di una generazione intermedia di computer ibridi, nei quali un coprocessore biologico affianca quello elettronico e ognuno svolge il compito che gli è più congeniale. Anche questo è un aspetto che merita qualche ulteriore considerazione e uno specifico approfondimento.

L'IBRIDAZIONE NATURALE/ARTIFICIALE

E proprio qui che interviene quel tipo di visione ibrida, collocata nell'interfaccia tra sensazione e pensiero, alla quale si riferiscono autori come Kaufmann e Helstrup, secondo i quali le immagini sarebbero "ibridi simbolici". Dal nostro punto di vista, le immagini non sono né puri simboli, né puri percetti, bensì un tipico concetto mentale ibrido con entrambi i tipi di proprietà suddetti, simboliche e percettive. In linea di massima queste immagini potrebbero pertanto essere viste come qualcosa di collocato lungo la linea di confine tra il pensiero e la sensazione. Questo processo di "ibridazione" fa di tali "immagini" dei veri e propri "ircocervi mentali", cioè un qualcosa d'instabile per la tensione che sprigiona tra gli aspetti posti insieme (comporre) senza peraltro risultare fusi in una "sintesi" in grado di superarli e trascenderli entrambi. Ed è appunto quest'instabilità a "mettere in moto" la struttura psichica che percepisce le immagini in questione, innescando in essa uno sviluppo evolutivo che rivisita criticamente e mette in discussione parte, almeno, dei contenuti ospitati, anticipando possibilità alternative rispetto a essi, cioè altri punti di vista, altri modi di vedere, e quindi attivando e implementando una capacità creativa. Vari centri di ricerca in giro per il mondo stanno infatti lavorando su progetti riguardanti il DNA computing e hanno già iniziato a sperimentare l'uso di reti neurali animali vere per creare computer organici. Uno dei pionieri di questo nuovo filone della ricerca è William L. Ditto, il quale è stato in grado seppur in via ancora del tutto sperimentale di combinare i normali circuiti di silicio con neuroni di sanguisuga, cioè con cellule nervose viventi (e qualcosa di simile hanno fatto anche i ricercatori dei Bell Laboratories, che sono riusciti a integrare neuroni di ratto in un supporto digitale). Ditto e i

suoi colleghi sono partiti dall'idea che un elaboratore biologico, in grado cioè di sfruttare reti neurali organiche, dovrebbe essere in grado di fornire risposte corrette anche qualora dovesse basarsi su informazioni parziali (cosa che invece non avviene nei computer attuali, che hanno bisogno di programmazione e immissione di dati precisi per fornire qualsiasi tipo di risposta). I neuroni di sanguisuga utilizzati negli esperimenti hanno dimostrato proprio questa superiore funzionalità facendo rimbalzare i dati fra loro (un po' con lo stesso principio con cui opera un computer quantistico) sono in grado di eseguire attività, come dice Ditto, simili al pensiero e di trovare da sé nuove soluzioni. La prospettiva, nel caso che la sperimentazione prosegua con successo, è quella di disporre di nanocomputer per scopi medici, fatti di DNA, che presidiano il corpo umano alla ricerca di malfunzionamenti a livello cellulare e, sulla base del proprio archivio di conoscenze, sintetizzano ed erogano sul posto la giusta quantità del composto chimico adeguato. Si sta così realizzando un incontro e una saldatura sempre più stretta tra le macchine realizzate dall'uomo e le macchine naturali che sta portando alla costruzione di apparecchi e presidi clinici sempre più efficienti e spesso quasi invisibili.

Come Florenskij aveva previsto ormai quasi un secolo fa, la nuova frontiera della ricerca scientifica e tecnologica è costituita dalla linea di confine tra materia animata e materia inanimata, sulla quale si sta attivamente lavorando per estrarne le informazioni utili non solo alla costruzione di nuovi artefatti, ma anche a una migliore conoscenza delle strutture e del funzionamento degli organismi viventi e dell'evoluzione naturale nel suo complesso. Sul piano epistemologico l'aspetto più rilevante di questa svolta è, a mio parere, costituito dall'emergere di una nuova idea di macchina, modellata più sulle macchine interne, naturali, che su quelle esterne, artificiali. Come descritto da Boncinelli nel suo lavoro "Macchine interne e macchine esterne", via via che si comprendono meglio i meccanismi operanti nel corpo e nella mente, diviene sempre più evidente che la natura ha adottato da tempo alcuni accorgimenti tecnici che la nostra tecnologia più avanzata è andata scoprendo negli ultimi tempi. Concetti come quelli di codificazione digitale, di calcolo parallelo e distribuito, di schemi logici fuzzy e di nanotecnologia, che ci sono divenuti familiari da poco, appaiono giocare da sempre un ruolo fondamentale in moltissimi processi biologici. Anche in questa circostanza le conoscenze tecniche ci hanno aiutato a capire più a fondo i meccanismi biologici e questi hanno a loro volta messo in luce la convenienza e l'efficienza di certe scelte tecnologiche. E dunque già pienamente in atto un incontro fra le macchine realizzate dall'uomo e le macchine naturali, quale si può osservare nella costruzione e nell'impianto di protesi bioingegneristiche, di sussidi sensoriali e più in generale di apparecchi e presidi clinici sempre più efficienti e raffinati che sono spesso quasi invisibili. Da questo incontro sta progressivamente emergendo una nuova idea di macchina, modellata più sulle macchine interne, naturali, che su quelle

esterne, artificiali. Di certo oggi ogni nostro gesto è già analizzato da sistemi intelligenti sempre più evoluti. L'idea di affidare a un'intelligenza artificiale l'analisi e il calcolo delle infinite e mutevoli variabili di un paziente oncologico nasce quindi così, forse da una recondita paura o volontà di fallire...? In verità le applicazioni e le prospettive di sviluppo sembrano intriganti: da reti neurali per la diagnosi automatica che stanno rivoluzionando la radiologia moderna a sistemi esperti evoluti in sistemi di deep learning e big data per l'analisi delle variabili, capaci di una potenza di calcolo inimmaginabile. Il limite alle applicazioni può veramente essere solo la nostra immaginazione! L'influenza e le implicazioni dei sistemi di machine learning nella nostra vita e nel settore medico è già enorme e in esponenziale crescita. Intrigante è l'idea di riuscire a decodificare con computer quantici il DNA, lo è ancora di più creare computer quantici basati su DNA computing: immaginate miliardi di informazioni contenute in singoli geni e l'esponenziale numero di espressioni fenotipiche possibili, una foresta di dendrogrammi e una machine consciousness che in nome di quella ibridazione naturale-artificiale sia in grado di identificare le correlazioni con i più rilevanti fenomeni oncologici, evolutivi.

Siamo veramente prossimi a comprendere il libro della vita? E se il linguaggio fosse questo?



Certo dalla paura di Hal9000 di scomparire alle terrificanti prospettive di Skynet,

Siamo veramente pronti a scegliere la pillola rossa?

A restare nel Paese delle Meraviglie e scoprire quanto è profonda la tana del Bianconiglio?



Boncinelli: “NATURALE e ARTIFICIALE si avvicinano sempre più e diventa ogni giorno più sfumata la linea divisoria fra cervello e mente, tanto sul piano dell’ideazione cosciente, tanto su quello del puro comportamento. Molti congegni avventizi verranno resi organici o quasi organici in un processo di **NATURALIZZAZIONE DEGLI ARTEFATTI** e Di **CONCOMITANTE MODIFICAZIONE STRISCIANTE DELLORGANICO**, che non sappiamo dove ci porterà.

Nella diffusione di Internet si può vedere l’inizio di un processo di grande respiro e di imprevedibile portata. L’invenzione della stampa ha messo a suo tempo tutti gli uomini **POTENZIALMENTE** in grado di possedere la totalità delle cognizioni **ESPLICITABILI** esistenti al mondo. Internet promette, o minaccia, di **RENDERE ATTUALE** tale potenzialità. Se questo si realizzerà, la mente di ciascuno di noi entrerà, se vorrà, sempre più spesso in un giro di menti, come dire a far parte di una collettività di cervelli pensanti, aggregati in tempo quasi reale. La cultura e la tecnica cospirano, con la complicità dei computer e delle ICT, a creare una **maximente collettiva artificiale**, sovrapposta ai singoli cervelli naturali, anche se fondata su di essi.

MENTE ESTESA



MENTE ESTESA

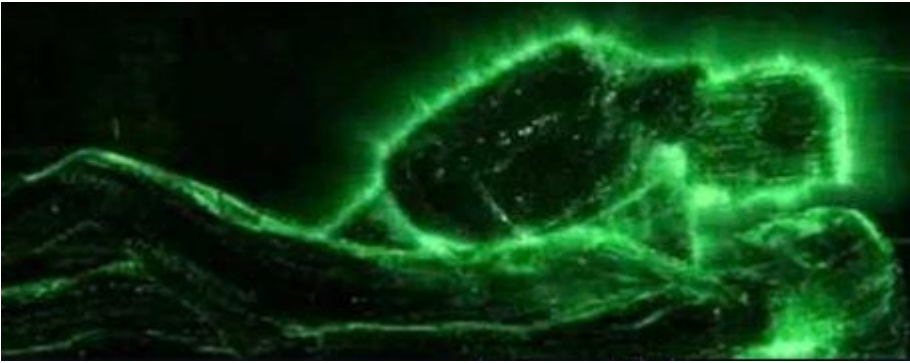
Gregory Bateson in una conferenza dal titolo Forma, sostanza, differenza, tenuta il 9 gennaio 1970 per il diciannovesimo Annual Korzybski Memorial, dava la seguente risposta alla domanda Che cosa intendo per mia mente? La mente individuale è immanente, ma non solo nel corpo essa è immanente anche in canali e messaggi esterni al corpo e vi è una più vasta mente di cui la mente individuale è solo un sottosistema. La psicologia freudiana ha dilatato il concetto di mente verso l'INTERNO, fino a includervi l'intero sistema di comunicazione all'interno del corpo (la componente neurovegetativa, quella dell'abitudine, e la vasta gamma dei processi inconsci). Ciò che sto dicendo dilata la mente verso l'ESTERNO. Certo il pericolo che questo esterno sia lo scenario verde e oscuro di Matrix, oggi parliamo di Roboetica e le regole le facciamo scrivere ai militari? Come sognatore preferisco Asimov, ma è innegabile che l'intelligenza artificiale abbia assunto sempre più una presenza scenica e culturale massiva.

L'architetto si rivolge a Neo, l'eletto, come ad una anomalia in quella che è un'armonia di precisione matematica e trova una soluzione abbassandosi a una mente (come quella umana) meno vincolata a parametri di perfezione.

Boncinelli: Una Maximente collettiva artificiale



La chiave rimane la “scelta”, quella che non deve mai mancare all’uomo di scienza e ciò che nobilita la scelta è l’amore



Come l’amore per la vita, cristallizzato nelle parole: “tutti questi momenti si perderanno nel tempo come lacrime nella pioggia”;



l’amore di un figlio per la madre, che porta il piccolo David alla radici del Sogno...



curioso che sia il Sogno a renderci umani e che solo grazie all’amore

è possibile “trascendere” l’intelligenza artificiale.

