





LE BELLE LETTERE 94
L'IA, protesi della mente?



Carlo Allegri
L'IA, protesi della mente?

Asterios Editore
Trieste, 2026

Carlo Allegri con Asterios

I tre libri di Florencia

Minima Mirabilia

Il pensiero è biografia.

Lo stupore del mondo è il mio stupore

Umana forma umana sostanza

Prima edizione nella collana Le Belle Lettere: Marzo 2026

©Carlo Allegri

©Asterios Abiblio Editore

posta: info@asterios.it

www.asterios.it

I diritti di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento totale o parziale
con qualsiasi mezzo sono riservati.

ISBN: 978-889313-297-8

INDICE

LO STRUMENTO COME PROTESI REALIZZATIVA DEL SÉ. IL SOGNO DEL GOLEM. INTRODUZIONE AL CONCETTO DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE. LA LIBERTÀ COINCIDE CON L'ESECUZIONE DEL PROGRAMMA?, 11

L'UOMO DEVE VIVERE COMPLETANDOSI. LA CULTURA È IL GRADO DI OTTIMIZZAZIONE RAGGIUNTO NEL RAPPORTO TRA LAVORO E PRODUZIONE. GLI STRUMENTI MATERIALI E IMMATERIALI SONO PROTESI, 17

L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE PUÓ ESSERE VISTA COME PROTESI DELLA MENTE?, 21

ELENCO SINTETICO DELLE SVARIATE E ORMAI PERVASIVE APPLICAZIONI DELLA IA NELLA NOSTRA QUOTIDIANITÀ. ALCUNE CONFIGURAZIONI PARTICOLARI. INTERNET CHATBOT E ALTRE NOTIZIE, 23

SI PUÓ DIRE CHE OGNI FORMA DI IA SIA BASATA SUGLI ALGORITMI? CHE UN ALGORITMO SIA L'UNITÀ OPERATIVA DI OGNI IA? CHE COSA È UN ALGORITMO?, 35

I PATTERN DELLA MENTE SONO ALGORITMI? UNA QUESTIONE APERTA: PROSPETTIVE E DILEMMI SULLA NATURA DEI PROCESSI MENTALI, 38

LA CHINESE ROOM DI JOHN SEARLE: IL CELEBRE ESPERIMENTO MENTALE SULLA COMPRENSIONE ARTIFICIALE, 40

ALGORITMI EVOLUTIVI E ADATTATIVI E RETI NEURALI ARTIFICIALI: PRINCIPI, FUNZIONAMENTO E APPLICAZIONI, 41

COLLEGAMENTO TRA MENTI UMANE E RETI NEURALI ARTIFICIALI: VERSO L'EMERGENZA DI UN'UMANITÀ–SUPERORGANISMO? BREVE ANALISI SCIENTIFICA E FILOSOFICA DELLA CONVERGENZA TRA INTELLIGENZE BIOLOGICHE E ARTIFICIALI, 52

LE RETI NEURALI ARTIFICIALI E LA SELEZIONE QUANTITATIVA DEL MEME CULTURALE, 55

RETI NEURALI ARTIFICIALI GENERATIVE: DEFINIZIONE; FUNZIONAMENTO E CONFRONTO CON LA CREATIVITÀ UMANA: UN VIAGGIO TRA ALGORITMI CULTURA E MENTE, 57

INTELLIGENZA ARTIFICIALE; INCONSCIO UMANO E SIGNIFICATO ADATTATIVO DELLA COSCIENZA. UNA RIFLESSIONE SU CONOSCENZA, CONVIVENZA ED ETICA NELL'ERA DELLE RETI NEURALI, 61

CHATBOT, ROBOT ED EMPATIA: LA SIMULAZIONE COMUNICATIVA DELL' INTELLIGENZA ARTIFICIALE. RICONOSCIMENTO DELLE EMOZIONI UMANE: IL PUNTO SULLE TECNICHE DI EMOTION AI. APPLICAZIONI PRATICHE DELLE TECNICHE DI PROGETTAZIONE EMOZIONALE. VERSO UNA COSCIENZA ARTIFICIALE? LA TENDENZA AD ANTROPOMORFIZZARE. VALORE COGNITIVO DELLE EMOZIONI UMANE. ASPETTI INTERNI ED ESTERNI DELL'EMOZIONALITÀ ROBOTICA, 66

IL CONCETTO INTERAZIONISTA DELLA EMOTIVITÀ ARTIFICIALE (ROBOTICA E CHATBOTICA) TROVA IL SUO PRESUPPOSTO NELLA CONCEZIONE DELL'EMOTIVITÀ UMANA NON COME EVENTO MENTALE PRIVATO MA COME PROCESSO DINAMICO CHE SI COSTITUISCE NELLA RELAZIONE, 92

EMPATIA ARTIFICIALE E ROBOTICA SOCIALE ED AFFETTIVA. LE NOZIONI DI AFFETTIVITÀ DISTRIBUITA E DI "AESTHETIC ROBOTICS", 98

IL CONCETTO DI AFFETTIVITÀ DISTRIBUITA NON ELIMINA IL FATTO CHE LE EMOZIONI CREATE NELL'INTERAZIONE SIANO SOGGETTIVAMENTE VISSUTE SOLO DALL'UOMO, 109

TORNIAMO DI NUOVO AL PARAGONE TRA INTELLIGENZA UMANA E INTELLIGENZA ARTIFICIALE: COME PUÓ ESSERE DEFINITA L'INTELLIGENZA? FUNES EL MEMORIOSO. ASCOLTIAMO L'IA DEFINIRE SÉ STESSA MENTRE RISPONDE ALLA DOMANDA: COSA SEI TU, SECONDO LE TUE RICOMBINAZIONI SEMANTICHE?, 112

L'INGANNO DELLA SIMULAZIONE EMPATICA. LA AFFETTIVITÀ DISTRIBUITA CREA UNA REALTÀ DI SECONDO ORDINE (VIRTUALE) DOVE I PARACADUTE FISICI NON FUNZIONANO PIÙ. MECCANISMI PSICOLOGICI PLAUSIBILI DI INTERAZIONE CON I CHATBOT. RISVOLTI ETICI, GIURIDICI E DI DESIGN, 121

INTELLIGENZA ARTIFICIALE E ADOLESCENTI: COME USARE CON CONSAPEVOLEZZA I CHATBOT CONVERSAZIONALI, 132

L'IA NON CAPISCE: IL DIVORZIO TRA ESPRESSIONE LINGUISTICA, ANCHE SOFISTICATA, E COMUNICAZIONE DI SENSO. È UNA MINACCIA NON DA POCO. PERCHÉ? CON QUALI MECCANISMI?, 133

INSOSPETTATI CONSUMI ENERGETICI DEL WEB E DELLA IA. UN TEMA PROPOSTO E SVOLTO DA CHATGPT4.0. ESEMPIO NOTEVOLE DI CAPACITÀ ANALITICA E SINTETICA ACCOMPAGNATA DALLA CITAZIONE DELLE FONTI PER LA VERIFICA DEI DATI, 137

GLI ALGORITMI E L'UMANESIMO, I DATI E IL NUOVO PRINCIPIO DI AUTORITÀ: LA RELIGIONE DELLA TECNICA, 142

CONTRARIAMENTE ALLE PROMESSE INIZIALI DEL WEB, LO SPAZIO DIGITALE OGGI NON HA NULLA DI DEMOCRATICO. GLI ALGORITMI RAFFORZANO I CONTENUTI STEREOTIPATI E PORTANO

AD UNA PERICOLOSA STANDARDIZZAZIONE. LA VISIBILITÀ È ETEROSOSTENUTA. IL SOVRACCARICO DISINFORMATIVO DISTRUGGE LA CONOSCENZA. LA SUPERINTELLIGENZA ARTIFICIALE (SIA) POTREBBE DOMINARCI, 148

UNA NEW ENTRY: CHATGPT PULSE, L'ASSISTENTE VIRTUALE CHE PENSA DI NOTTE, 153

INCONTRI ONLINE E IA: COSA SUCCEDDE QUANDO GLI UTENTI VENGONO INONDATI DI PROFILI E FRASI D'APPROCCIO GENERATI AUTOMATICAMENTE?, 154

BCI: STATO DELL'ARTE SULLE INTERCONNESSIONI CERVELLO – IA. REALTÀ TECNICHE PIÙ VISIBILI, RIPERCUSSIONI NORMATIVE ED ETICHE, RIFLESSIONI FILOSOFICHE E SOCIALI, 156

L'AUMENTO PROGRESSIVO DELLE INTERAZIONI TRA IA, MENTE UMANA E AMBIENTE SOCIO CULTURALE HA FATTO SORGERE STUDI NUOVI SU NUOVI DIRITTI SPETTANTI ALL'INDIVIDUO, RELATIVI ALL'INTEGRITÀ DEL SUO SISTEMA NERVOSO E DELLA SUA MENTE: I NEURODIRITTI, 162

RECENSIONE E COMMENTO AL ROMANZO “MACCHINE COME” ME DI IAN McEWAN (EINAUDI 2019). ARTICOLO GIÀ PUBBLICATO IN “MINIMA MIRABILIA” (ASTERIOS 2022), 169

SELF/LESS, 2015. TRAMA E SIGNIFICATO DI UN FILM NON PERFETTAMENTE RIUSCITO. BREVE DISCUSSIONE SULLE IMPLICAZIONI FILOSOFICHE, SOCIALI, GIURIDICHE E MORALI CHE EMERGONO DALLA SUA VISIONE, 178

CONCLUSIONI, 185

PER APPROFONDIMENTI: BIBLIOGRAFIA, CITAZIONI, NOTE, 208

LO STRUMENTO COME PROTESI REALIZZATIVA DEL SÉ. IL SOGNO DEL GOLEM. INTRODUZIONE AL CONCETTO DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE. LA LIBERTÀ COINCIDE CON L'ESECUZIONE DEL PROGRAMMA?

Questo breve scritto è un saggio, è un racconto, è una cosa che comincia in un modo e poi finisce in un altro, come tutte le cose mie, o moltissime delle cose mie, e certamente ci deve essere una causa in tutto ciò e io la conosco: ora mi accingo a spiegarvela. Si tratta in un certo senso della difficoltà e della straordinaria lentezza con cui vengo a capo dello svolgimento di un'idea, e, nello stesso tempo, della incapacità ormai certificata di lasciarla andare, di abbandonarla alla sorte, di liberarmene come gettandola nella configurazione informatica del cestino. Il risultato è che molte idee (embrioni di idee) le ho incubate per anni, anni, anni; anzi, l'ho fatto fino ad adesso ma ormai non sarà più possibile, per banali motivi anagrafici, intendo. Si sa: il tempo che passa è sinonimo di divenire e nello stesso tempo misura del cambiamento di tutte le cose, così che, mentre io cambiavo, le idee accantonate per un domani imprecisato cambiavano con me, *si adattavano al loro recipiente*, e quindi, quando le ritiravo fuori, quasi quasi stentavo a riconoscerle io stesso. A volte mi son ritrovato con qualche testimonianza di come esse erano in principio, al momento del loro concepimento: in quei casi – come ad esempio ora – ho salvato quelle vestigia con lo stesso spirito con cui in genere si cerca di conservare una vecchia fotografia sbiadita risalente ad un'epoca nella quale *sappiamo* di essere stati, anche se facciamo fatica a riconoscerla e a riconoscerci, oppure come si riporta alla luce un reperto archeologico e lo si circonda con uno spazio di salvaguardia, anche se stona completamente con lo stile generale del mondo in cui è stato riesumato. Pensate ad esempio al racconto Io e Don Chisciotte: ebbene, l'ho scritto una decina di anni fa, quindi anch'esso si è fatto vecchio, ma il suo nucleo risaliva ad almeno trent'anni prima, sissignore, me lo sono portato dentro come un parassita a nutrirsi della mia linfa e guardate adesso cosa è diventato e cosa io sono diventato.

Nel corso della sua storia millenaria, l'essere umano ha coltivato incessantemente il sogno di costruirsi un alter ego: una creatura capace di colmare le sue fragilità, di assisterlo senza esitazioni e di estendere i suoi limiti, tanto fisici quanto mentali. Questa aspirazione, che si insinua tra mito, letteratura, filosofia e scienza, nasce dalla consapevolezza della propria incompiutezza e dal desiderio di emanciparsi dall'incertezza, dal dubbio, dalla fatica e dal senso, a volte lacerante, della propria finitudine.

Tra le figure più emblematiche di questa tensione verso la creazione di un servitore soprannaturale, il Golem occupa da secoli il centro della tradizione mistica ebraica. Plasmato dall'argilla e animato dal potere della parola, il Golem rappresenta l'alter ego per eccellenza: obbediente e potentissimo, asservito integralmente alla volontà del rabbino che lo ha creato, ma anche tragicamente privo di vera autonomia, incapace di intendere lo spirito delle leggi che lo governano. È l'incarnazione del desiderio umano di "bypassare" le proprie debolezze, di delegare ad altro - all'altro - il compito di proteggerlo, liberarlo, semplificarci la vita. Ma il mito ammonisce: il Golem, privo di anima e coscienza, può diventare una minaccia, una forza cieca che sfugge al controllo del suo creatore.

In epoca moderna, questa tensione prende corpo nel romanzo di Mary Shelley, dove Frankenstein, scienziato visionario, aspira a dominare i confini della vita e della morte, dando origine a una creatura dotata di forza e razionalità eccezionali. La "creatura" di Frankenstein è l'incarnazione della potenza, ma anche del fallimento del sogno di completezza: il mostro, tanto simile all'uomo quanto radicalmente altro, si ribella alla sua condizione di servitore, brama amore, riconoscimento e, non trovandoli, si trasforma in fonte di dolore e distruzione. Frankenstein è il paradigma della tensione tragica tra il desiderio di potere e il limite della responsabilità morale: ciò che si crea può sfuggire al controllo, mettere in discussione il senso stesso del dominio umano.

Questa aspirazione non si esaurisce con il Golem e Frankenstein. I miti antichi e la letteratura sono popolati di automi, creature artificiali e servitori magici: da Talos, il gigante bronzeo che proteggeva Creta, alla "scimmia di legno" della tradizione cinese, dagli *Homunculus* dell'alchimia medievale agli androidi della fantascienza moderna. La mitologia

greca pullula di eroi e la letteratura omerica sembra travasarsi direttamente nei tempi contemporanei, dove l'immaginazione prende forma negli eroi dei fumetti e delle narrazioni Marvel, super-persone dotate di qualità sovrumane, in cui si riflette la speranza – e il timore – di una trascendenza definitiva.

Non solo alter ego e servitori: l'uomo, fin dalle origini, ha ideato strumenti che sono protesi del corpo e della mente, dispositivi per ottimizzare la fatica, amplificare la forza, estendere la memoria e la capacità di calcolo. L'ascia, la ruota, il telescopio, la macchina a vapore, il pallottoliere, fino alle interfacce digitali, sono il prodotto di questo principio di finalità: tutto viene costruito per compensare, per superare, per "aggiungere" ciò che manca. In questa prospettiva, il meta-mondo umano si dispiega come una realtà stratificata, che affianca e sovrappone livelli di realtà artificiale a quella naturale, in una tensione costante verso la completezza.

Nel costruire strumenti sempre più sofisticati, l'uomo ha fissato i confini del proprio dominio, delineando un "meta-mondo" in cui la tecnologia non è più solo supporto, ma "ambiente strutturante" di un pervasivo principio di finalità: il dominio dell'Ut. La realtà si ricompone attorno alle protesi digitali, agli algoritmi, alle reti di comunicazione: il confine tra naturale e artificiale si dissolve, la vita stessa si trasforma in "onlife", come suggerisce Luciano Floridi, permeata dallo scambio continuo tra realtà fisica e digitale. Oggi, con l'avvento dell'Intelligenza Artificiale, il sogno dell'alter ego si spinge oltre: non ci si accontenta più di costruire strumenti a servizio dell'uomo, ma si tenta di fondere l'umano con la tecnologia, di protesizzare sé stessi, diventando Golem della propria volontà. L'IA promette una mente potenziata, capace di apprendere, prevedere, decidere: un super-uomo dotato di super-mente, come gli eroi omerici trasfigurati nella contemporaneità digitale. Non siamo lontani dal giorno in cui la connessione neuro-informatica unirà direttamente il cervello e la mente ai Big Data e agli algoritmi, dando vita a una nuova forma di esistenza: un "meta-meta-mondo" nel quale l'individuo, ibrido di natura e artificio, riscrive il senso stesso del limite umano.

In questo scenario, il sogno dell'alter ego si trasforma da semplice desiderio di supporto in una vera e propria tensione esistenziale: da un

lato, la volontà di oltrepassare le barriere della condizione umana, dall'altro la necessità di mantenere saldo il senso della propria identità. Ogni progresso tecnologico non è solo uno strumento di potenziamento, ma anche uno specchio che riflette paure e speranze profonde. La storia degli automi e delle intelligenze artificiali ci insegna che ciò che viene creato, inevitabilmente, porta con sé il rischio dell'incontrollabile e dell'inaspettato. La sfida contemporanea sta proprio nel trovare un equilibrio tra la spinta all'innovazione e il rispetto per la vulnerabilità umana: riconoscere che il confine tra servitore e padrone, tra artefatto e creatore, non è mai veramente fissato, ma costantemente ridefinito dall'evoluzione delle nostre aspirazioni e dei nostri valori. Così, la avvenenda costruzione di un mondo - diciamolo 3.0 - non elimina la tensione originaria, ma la amplifica, rendendo ancora più urgente la domanda sul senso e sul limite di ciò che siamo disposti a delegare alla tecnologia.

Il sogno di costruirsi un servitore divino, un post-umano capace di connaturarsi e rendere la vita più facile e completa, è quindi un filo rosso che attraversa la storia dell'uomo. Dalla creazione del Golem alle visioni dell'IA, questa aspirazione si accompagna sempre al rischio: quello di perdere il controllo, di smarrire il senso della propria umanità, di dissolvere la responsabilità morale nell'ebbrezza del potere tecnologico. Ma è una ricerca che senza sosta continua, sostenuta dalla profonda paura di morte, e alimenta la creatività, spinge l'uomo a superarsi, a immaginare mondi nuovi. Gli uomini, malgrado i loro errori e la pertinacia con cui spesso vi insistono, non possono smettere di porsi domande, di interrogare il senso delle proprie creazioni, di coltivare la consapevolezza del limite e della fragilità senza rinunciare al sogno della completezza.

Negli anni 60 del secolo scorso, la previsione di un simile *servitore infinito* non stava neanche nella mente degli scrittori più immaginifici, figuriamoci nel dibattito reale filosofico-scientifico. La manipolazione dell'essere umano e la consapevolezza di nuove possibilità operative attraverso questo meccanismo risiedevano esclusivamente nel criterio di ossequienza: si continuava a perfezionare la possibilità di masse conformiste e volenterose. Lieti di svolgere il lavoro per cui erano programmate perché nel binomio programma-esecuzione, consisteva la felicità e per-

fino il concetto di libertà vi avrebbe trovato una neo-definizione, riassumibile nello slogan che bisogna essere liberi di fare ciò per cui siamo programmati. In altri termini, una espressione equivalente (che ironia!) alla libertà – bisogno, dovere-diritto di realizzare il proprio karma.

Certamente: già in quell'epoca le conquiste tecnologiche erano ormai arrivate a lambire un orizzonte quasi inimmaginabile e assolutamente straordinario, specie se, volgendo lo sguardo indietro ad un passato sempre più lontano, come succede quando si osservano le stelle, ci si accorgeva della accelerazione progressiva del cammino verso il presente, tale da determinare un giudizio di possibilità sull'impensabile e un'euforia di fiducia generale del tutto analoga al furore ottimistico e futurista proprio delle prime decadi di quello stesso xx secolo. Analogia, non identità: l'analogia è strumento essenziale della logica umana e strumento cardine di ogni classificazione storica. (Formalmente possiamo incorniciare il Futurismo tra il manifesto di Filippo Tommasi Marinetti e lo scoppio della Prima Guerra Mondiale. Sue caratteristiche? Il rifiuto del passato, l'esaltazione della modernità, della tecnologia, della velocità e della violenza.)

Nei fatti lo stregone umano (maldestro?) aveva già domato l'energia nucleare, varcato i confini dello spazio interplanetario, messo piede sulla luna. La televisione era diventata il nuovo medium per eccellenza, l'approvvigionamento energetico sembrava inesauribile e perfino gli organi vitali (il cuore, il cuoreeee!) potevano essere trapiantati, da morto a morante, sostituendo con una speranza la pallida attesa del nulla. Il DNA (questo codice universale della vita) era saldamente nelle mani degli scienziati: di cos'altro c'era mai bisogno, se non di un po' più di amidi e proteine, per quelle frange desolate e periferiche della popolazione terrestre (il terzo mondo), che non voleva smettere di crescere?

Eppure, agli albori della tecnologia digitale, nessuno avrebbe potuto davvero prevedere la trasformazione globale delle abitudini e dei costumi che la rivoluzione informatica avrebbe portato, specialmente nell'ambito della comunicazione, della informazione e della generatività, con tutte le relative conseguenze che oggi ci appaiono come scontata normalità.

Nell'immaginario – per certi aspetti – sembrava ci si fosse fermati al

decennio precedente, immediatamente post-bellico. I Robot del grande Asimov erano geniali nell'esaminare possibili combinazioni e regole della relazione uomo – macchina pensante, ma non fornivano un iter tecnicamente accettabile per raggiungere il risultato: i racconti di Asimov formulavano le tavole della legge, si fermavano al livello di codice comportamentale di un Golem. Su un versante diverso il "1984" di Orwell, oggi un caposaldo della letteratura mondiale, descriveva l'orrore di una umanità sottomessa, l'oscurità compagna dei totalitarismi incombenti: il grande fratello, lo schermo, l'occhio e la neolingua erano il mezzo anche tecnologico del dominio sull'uomo (mente) e sulla società (mentalità). L'esatto opposto di quel principio di finalità e di autorealizzazione da sempre insito nella storia di ogni strumento, a partire dal primo chopper realizzato battendo una pietra sull'altra.

Durante i favolosi anni 60 (favolosi come del resto, per ognuno di noi, lo sono tutti quelli vissuti nell'età che dura per sempre), appena iscritto alla facoltà di medicina, cominciai a scrivere un racconto di fantascienza. Il concetto base era che qualsiasi accrescimento, ma anche irreggimentazione artificiale delle capacità umane non avrebbe mai potuto cancellare la spinta dovuta ad un eros individuale (il sentimento d'amore). Il metodo utilizzato per esaltare queste capacità era quello di una progressiva selezione genetica ottenuta attraverso gli incroci; il che avrebbe comportato l'insorgere delle razze e un conflitto irrisolvibile con l'amore (il nocciolo emotivo del racconto era questo). Come si può dedurre ero poco più di un ragazzo, allora, i tempi erano quelli del DNA e di Darwin, non della rivoluzione digitale, e tuttavia il racconto, seppur ingenuamente, immaginava *il postumano di quell'umano che avevamo sott'occhio, assolutamente analogico*. Ogni invenzione è il prodotto di uno stress, ma si può stressare solo ciò che si conosce. Ho ritrovato un cimelio e lo ho inserito in una raccolta di novelle perché è, appunto, un cimelio: ha il valore archeologico di uno sguardo sul passato. Non solo come eravamo ma anche com'era il mondo.

L'UOMO DEVE VIVERE COMPLETANDOSI. LA CULTURA È IL GRADO DI OTTIMIZZAZIONE RAGGIUNTO NEL RAPPORTO TRA LAVORO E PRODUZIONE. GLI STRUMENTI MATERIALI E IMMATERIALI SONO PROTESI.

Forse il primo grande pensatore ad aver collegato l'evoluzione culturale dell'uomo alla sua intrinseca incompletezza fisica — offrendo così una spiegazione moderna del mito di Prometeo, che diventa attuale e centrale nella nostra riflessione — è stato Arnold Gehlen. Secondo Gehlen, proprio a causa del suo “primitivismo organico” e della sua innata mancanza di strumenti specifici, l'essere umano non è in grado di sopravvivere in ambienti realmente naturali e originari. Per far fronte a queste carenze, l'uomo si vede costretto a supplire ai propri limiti trasformando attivamente il mondo che lo circonda, rendendolo funzionale alle sue necessità. Parallelamente, modifica e adatta anche sé stesso, completando e rimodellando la propria dimensione psicofisica in risposta alle nuove condizioni che egli stesso ha creato.

Tutto questo avviene sempre all'interno di una dimensione collettiva: è impossibile scindere l'umana contemporaneità sostanziale di individualità conscia e socialità immanente. Ogni azione, pensiero o sentimento dell'essere umano si configura sempre in relazione all'altro. L'ansia costante di manifestarsi che caratterizza la nostra esistenza implica necessariamente la presenza del prossimo. Il processo di “addomesticamento” del mondo è ciò che chiamiamo cultura. In senso stretto, l'uomo allo stato di natura non esiste: il mondo della cultura è il mondo umano, e la cultura stessa rappresenta la vera natura dell'uomo.

È tuttavia importante essere consapevoli che questa esigenza di trasformare l'ambiente dipende comunque da strutture organiche (neuro-endocrino-muscolari), che a loro volta sono il frutto dell'evoluzione biologica e costituiscono, in un certo senso, il Prometeo che alberga in ognuno di noi, quello che ci è stato dato “strappandolo agli dèi”.

L'essere umano nasce bambino. Per accogliere la parola degli adulti, sono necessari alcuni presupposti tipicamente umani e particolarmente

efficienti, come ad esempio: la presenza di una struttura simbolica nel mondo percettivo, la capacità di utilizzare tali simboli per instaurare scambi comunicativi, la manifestazione di un'intenzione (cioè la capacità di orientarsi, tramite i simboli, verso una totalità di senso), una certa quiescenza dell'organismo che permette un lungo differimento dello sviluppo pulsionale, la capacità di mettere da parte il mondo all'interno della propria intimità. A ciò si aggiungono l'attenuazione degli istinti in pulsioni più instabili e aperte ad oggetti non fissi, che si manifestano in comportamenti espressivi, comunicativi e volitivi spesso ridondanti, ma anche la capacità di utilizzare e anticipare tali comportamenti come motivazioni.

In quest'ottica, ragione e immaginazione nell'uomo tendono a coincidere. L'immaginazione può essere definita come quella facoltà vitale che consente all'essere vivente di spostarsi simbolicamente dal punto dello spazio e del tempo in cui si trova, uscire da sé stesso e superare i propri limiti, senza però mai abbandonare veramente la propria posizione originaria. L'immaginazione consente la rappresentazione del risultato di un'ipotesi operativa. Immaginazione e linguaggio producono cose: sono generativi.

Tutti gli sforzi, in questa prospettiva, sono stati orientati a ridurre la fatica necessaria per procurarsi i mezzi di sussistenza tramite l'utilizzo di strumenti. L'evoluzione culturale può quindi essere sintetizzata come una tensione costante verso il miglioramento del rapporto tra lavoro e produzione. Le direttrici principali lungo cui si è sviluppata questa tensione sono molteplici e, di fatto, strettamente intrecciate e inseparabili. In linea generale, ne possiamo individuare tre fondamentali: la linea meccanico-energetica, quella cognitivo-informativa e quella della cooperazione e aggregazione sociale.

Alla prima appartengono tutte le scoperte e invenzioni di natura meccanica ed energetica, ideate per facilitare e incrementare la produzione materiale del lavoro (inteso come misura dell'energia trasferita da una forza che produce uno spostamento fisico). Si va dalla padronanza del fuoco all'energia nucleare, dal primo manico applicato a un chopper fino alle sofisticate tecnologie inglobate in un grattacielo contemporaneo.

La terza, invece, concerne lo sviluppo – sia materiale che immateriale

– di tutti quegli strumenti funzionali ad aggregare gruppi sempre più vasti di individui, favorendo una cooperazione crescente e rendendo possibili risultati altrimenti irraggiungibili. Cosmogonie, teogonie, leggi, religioni, governi, strutture sociali, eserciti, squadre, regole di comportamento: tutto ciò e molto altro ancora hanno reso l'uomo un essere intrinsecamente sociale, al punto da non lasciargli reali alternative all'appartenenza a una collettività. (Questa della *πόλις* è l'interpretazione straordinariamente moderna che Platone dà del mito di Prometeo nel Protagora. Sotto un altro punto di vista gli effetti sulla socialità rappresentano l'aspetto più rischioso e meno prevedibile del cambiamento che la forsennata attività generativa umana sta provocando).

Ma è la seconda linea, quella relativa alla conoscenza, al calcolo e all'informazione, che qui ci interessa maggiormente. È la linea della curiosità che spinge a conoscere per comprendere; che deve generare e immaginare per produrre nuova informazione; che ha scoperto quanta informazione si cela nella misura, nel calcolo, nella numerazione; che sente il bisogno di diffondere il sapere acquisito e di non perderlo; che si accorge di come l'accumulo di dati possa generare a sua volta nuova conoscenza.

Un tempo, la trasmissione delle conoscenze fondamentali alla sopravvivenza della tribù avveniva oralmente, spesso ripetuta la sera attorno al fuoco del villaggio: una sapienza sciamanica ed esperienziale, tramandata da uno a molti e diffusa trasversalmente attraverso contatti diretti. Chi si trovava di fronte a un evento sconosciuto si rivolgeva al più anziano, certo che questi avesse già vissuto un'esperienza simile. Se qualcosa doveva essere conservata, insegnata o ritrovata, era necessario riprodurla, per via orale o figurata, per poterla trasmettere. Costruire un'abitazione o una tomba, ad esempio, significava soddisfare un bisogno concreto e, al tempo stesso, trasmettere simbolicamente informazioni sulla natura del *vivere la relazione* con il mondo circostante.

Possiamo dunque affermare che ogni manufatto umano, sin dagli albori, abbia avuto questo duplice significato: da un lato l'efficacia e la finalità pratica, dall'altro la trasmissione simbolica di un'informazione astratta, attinente o collaterale. Dalle Veneri preistoriche e dalle pitture

rupestri si è giunti ai geroglifici, alla scrittura alfabetica, alle tavolette di terracotta, ai papiri, alle pergamene, alla carta, alla stampa, ai libri, alla fotografia, fino alla riproduzione digitale e infinita di ogni cosa.

I primi sistemi di calcolo includevano l'uso delle dita e di strumenti rudimentali come sassolini o conchiglie. L'osso di Lebombo (circa 35.000 a.C.) con le sue 29 incisioni potrebbe costituire una delle prime testimonianze di calcolo. In seguito comparvero l'abaco (dall'antica Cina alla Mezzaluna Fertile, fino al mondo greco-romano e ai giorni nostri), il sistema numerico sessagesimale babilonese (circa 2000 a.C.), il meccanismo di Anticitera (una sofisticata macchina meccanica del II secolo a.C., in grado di calcolare e prevedere le posizioni degli astri e gli eventi astronomici naturali) e il compasso proporzionale di Galileo del XVII secolo, che permetteva di eseguire calcoli complessi: un vero e proprio calcolatore analogico. Da qui si passò alle calcolatrici meccaniche, poi elettriche, fino ad arrivare ai "cervelli elettronici": al compiuto sentimento della *conoscenza come misura*.

Conservare il sapere perché dal sapere nasce altro sapere è un'idea il cui seme si ritrova fin dalle origini nella storia umana. L'essere umano ha sempre costruito protesi: per aumentare la propria forza, amplificare la memoria, potenziare la coesione e la comunicazione all'interno del gruppo di appartenenza. Progressivamente, oltreché adattare l'ambiente, l'uomo opera anche per modificare sé stesso. Ciò che ricerca costantemente è l'uomo nuovo: capace di una potenza energetica impressionante, di aggregazione e trasmissione interumana su scala globale, di capacità cognitive (accumulo ed elaborazione dei dati) un tempo inimmaginabili. Ebbene, l'intelligenza artificiale (IA) si configura oggi come una protesi in continua evoluzione della mente umana, progettata per amplificare e potenziare le sue capacità cognitive, creative e decisionali.

L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE PUÓ ESSERE VISTA COME PROTESI DELLA MENTE?

Così è, dunque. Nel corso della storia, l'uomo ha ideato strumenti e protesi per colmare i limiti del proprio corpo e delle proprie facoltà, dalla ruota che potenzia il movimento alla penna che prolunga la memoria. Se le protesi fisiche hanno ampliato la forza, la velocità e la resistenza, le protesi cognitive hanno progressivamente esteso i confini della mente, permettendo all'umanità di superare i vincoli della memoria individuale, dell'attenzione e della capacità di calcolo. In questa prospettiva, la protesi non è solo un ausilio materiale, ma un'estensione funzionale e simbolica dell'essere umano, capace di modificare non soltanto il modo in cui interagiamo con il mondo, ma anche il modo in cui pensiamo e percepiamo noi stessi. L'avvento dell'intelligenza artificiale (IA) rappresenta il più recente e radicale sviluppo di questa tensione verso l'amplificazione delle facoltà mentali.

L'intelligenza artificiale può essere definita come una protesi cognitiva di nuova generazione: un insieme di sistemi e algoritmi progettati per simulare, supportare e in alcuni casi superare le capacità cognitive umane. Così come l'occhiale migliora la vista o la calcolatrice velocizza le operazioni aritmetiche, l'IA si propone di estendere la nostra memoria, accelerare i processi decisionali, suggerire soluzioni creative e riconoscere pattern complessi nei dati che sarebbero altrimenti invisibili all'occhio umano. L'analogia tra IA e protesi risiede nella funzione di supplemento e potenziamento: la macchina non sostituisce la mente, ma la accompagna e la trasforma, rendendo possibili nuove forme di pensiero e conoscenza.

Dal punto di vista delle capacità cognitive, l'IA interviene su molteplici livelli. Sul piano della memoria, consente di archiviare, organizzare e recuperare quantità sterminate di informazioni, rendendo accessibile il sapere globale in pochi istanti. Nel calcolo, l'IA esegue operazioni complesse a velocità e precisione irraggiungibili dall'uomo, permettendo simulazioni scientifiche, previsioni statistiche e ottimizzazioni di processi. In ambito creativo, algoritmi generativi sono in grado di produrre testi,

immagini, musica e soluzioni originali, collaborando con l'ingegno umano in una sinergia inedita. Sul fronte decisionale, l'IA fornisce supporto all'analisi di scenari complessi, suggerendo strategie o identificando rischi nascosti, dalla medicina alla finanza, dall'ingegneria alla politica.

Le applicazioni pratiche di questa protesi cognitiva sono ormai pervasive: dagli assistenti digitali che semplificano la gestione della vita quotidiana, ai sistemi di diagnosi automatica in medicina, dalle piattaforme di traduzione istantanea ai software di analisi predittiva nei mercati finanziari, fino agli strumenti di ricerca scientifica che accelerano la scoperta di nuovi farmaci o materiali. In ambito educativo, l'IA personalizza percorsi di apprendimento; nelle smart city ottimizza i trasporti e la gestione delle risorse; nella comunicazione globale abbatte barriere linguistiche e culturali.

Tuttavia, nonostante i suoi innegabili vantaggi, l'IA come protesi della mente presenta limiti strutturali e rischi non trascurabili. Sul piano tecnico, l'intelligenza artificiale resta vincolata ai dati di addestramento, ai limiti degli algoritmi e alla mancanza di autentica comprensione semantica. L'IA non possiede coscienza, intenzionalità o senso morale: le sue decisioni derivano da correlazioni statistiche, non da processi di giudizio propriamente detti. Sul piano sociale, il rischio di delegare funzioni cognitive fondamentali alle macchine può portare a forme di dipendenza tecnologica, erosione delle competenze umane, disuguaglianze di accesso e perdita di controllo su processi decisionali critici.

Le implicazioni etiche sono profonde e complesse: come garantire la trasparenza e la responsabilità delle decisioni prese da sistemi automatici? Come evitare che i bias presenti nei dati si traducano in discriminazioni sistematiche? Quali limiti porre all'autonomia delle macchine in ambiti sensibili come la giustizia, la salute o la sicurezza? L'adozione dell'IA impone una riflessione collettiva sui valori che vogliamo preservare e sui rischi che siamo disposti ad accettare, richiedendo nuovi strumenti normativi, culturali e filosofici.

Sul piano filosofico, l'intelligenza artificiale costringe a ridefinire i confini dell'umano. Se la mente può essere estesa, delegata e potenziata da

una protesi algoritmica, quale spazio resta all'autonomia, alla creatività, alla responsabilità individuale? L'IA solleva interrogativi sull'identità personale, sulla natura della coscienza e sul rapporto tra naturale e artificiale. Come in uno specchio, la protesi cognitiva riflette le nostre aspirazioni, ma anche le nostre paure: il sogno di superare i limiti biologici si accompagna al timore di perdere ciò che ci rende unici.

In conclusione, l'intelligenza artificiale si configura come la più potente protesi cognitiva mai realizzata dall'uomo: una tecnologia che non solo amplifica le nostre capacità, ma ci invita a ripensare la relazione tra mente, macchina e società. Le prospettive future sono aperte: se ben governata, l'IA può diventare uno strumento di emancipazione e progresso collettivo; se lasciata senza controllo, rischia di accentuare disuguaglianze, delegare responsabilità e minare la fiducia reciproca. La sfida non è solo tecnica, ma profondamente umana: costruire una convivenza tra intelligenza naturale e artificiale che sia al servizio di una società più giusta, consapevole e solidale.

ELENCO SINTETICO DELLE SVARIATE E ORMAI PERVASIVE APPLICAZIONI DELLA IA NELLA NOSTRA QUOTIDIANITÀ. ALCUNE CONFIGURAZIONI PARTICOLARI. INTERNET CHATBOT E ALTRE NOTIZIE.

Campi di applicazione:

Internet: pur essendo una tecnologia fondamentale e pervasiva, non coincide con l'intelligenza artificiale, ma rappresenta piuttosto l'infrastruttura di rete che consente la connessione, la comunicazione e lo scambio di dati su scala globale. Tuttavia, Internet ha un ruolo cruciale nello sviluppo e nell'applicazione dell'IA: fornisce le basi per l'accesso a enormi quantità di dati, la distribuzione di servizi intelligenti e la collaborazione tra sistemi e persone (attraverso le App). In altre parole, mentre l'IA riguarda le capacità "cognitive" delle macchine, Internet è il "mezzo" attraverso cui queste capacità possono essere amplificate, condivise e rese accessibili ovunque. Si può quindi dire che Internet non è

una forma di intelligenza artificiale, ma una piattaforma abilitante che, integrata con l'IA, dà vita a molte delle applicazioni avanzate che conosciamo oggi, come i motori di ricerca intelligenti, gli assistenti virtuali online, i servizi di traduzione automatica, le reti sociali che sfruttano algoritmi di raccomandazione, le piattaforme di *knowledge management* (gestione delle conoscenze). In questo senso, Internet e IA sono strettamente legate, ma restano concettualmente distinte: la prima è la rete, la seconda è la “mente” che può operare al suo interno.

Comunicazione: chatbot, assistenti virtuali, traduttori automatici, filtri antispam, sistemi di trascrizione e sintesi vocale.

Aggregazione di gruppi: piattaforme social che sfruttano algoritmi di *clustering* (raggruppamento) e *profiling* (profilazione) per creare comunità, suggerire connessioni o aggregare persone con interessi simili.

Raccolta dati: sistemi automatici di *crawling* (esplorazione del web), *data mining* (estrazione di dati), monitoraggio delle tendenze e analisi dei big data provenienti da molteplici fonti online.

Commercio: e-commerce intelligente (consigli d'acquisto personalizzati, gestione degli stock, ottimizzazione delle *supply chain* o catene di fornitura), automazione delle vendite e *customer care* (cura del cliente).

Produzione di utili: *trading* (compravendita) algoritmico nei mercati finanziari, automazione di processi industriali, ottimizzazione della produzione e riduzione dei costi operativi.

Forme di IA generativa: generazione automatica di testi (ad esempio, GPT), immagini (DALL-E, Stable Diffusion), musica, video, codice informatico e contenuti creativi originali.

IoT (Internet of things o Internet delle cose): dispositivi connessi e intelligenti che apprendono e si adattano, come *smart home*, *smart city*, *wearable devices* (apparecchiature indossabili), sistemi di monitoraggio ambientale.

Robotica: automazione flessibile, cobot (robot collaborativi) per la produzione industriale, robot di assistenza alla persona (domestica, infermieristica, procedurale), robot chirurgici, mani robotiche con presa predittiva e delicata ispirata alla biomeccanica umana, droni autonomi, veicoli a guida autonoma, ispezioni in ambienti pericolosi.

Altre applicazioni: diagnosi medica assistita, sorveglianza e sicurezza, personalizzazione dell'apprendimento, prevenzione delle frodi, gestione delle risorse energetiche, arte digitale.

Non consideriamo in questo elenco l'uso di IA in settori importantissimi ma non di uso comunitario: la conquista spaziale, la ricerca scientifica, la terrificante e oscura tecnologia militare, la possibilità di produrre farmaci e/o protesi sanitarie modellate e specifiche per il singolo soggetto.

Pericoli e maluso sono altresì impliciti e possibili:

Uso malevolo: *deepfake*, generazione di contenuti manipolativi (testi, immagini, video), bots (programmi automatici) per influenzare conversazioni e trend (tendenze) online, cyberattacchi, disinformazione, armi autonome.

Strumentalizzazione di gruppi: uso di IA per targettizzare (mandare a bersaglio) pubblicità personalizzate, campagne di marketing, micro-targeting politico, diffusione di disinformazione o manipolazione dell'opinione pubblica, cyberattacchi.

Perdita di posti di lavoro: automazione di mansioni ripetitive e rischio di disoccupazione strutturale.

Bias e discriminazioni: algoritmi che riflettono pregiudizi presenti nei dati.

Privacy e sorveglianza: raccolta massiva di dati personali, riconoscimento facciale, tracciamento.

Affidamento eccessivo: rischio di delegare decisioni critiche a sistemi fallibili.

Bolla tecnologica: investimenti e aspettative eccessive rispetto ai ritorni reali.

Esistono attualmente ancora molti limiti:

Ragionamento complesso: difficoltà in compiti che richiedono logica multi-step e comprensione profonda.

Trasparenza: con il termine *black box* (scatola nera) si indica un modello o un sistema di intelligenza artificiale il cui funzionamento interno è poco trasparente o difficile da comprendere e spiegare, anche per esperti del settore. In pratica, si sa quali dati vengono inseriti e quali ri-

sultati vengono prodotti, ma il processo con cui il sistema arriva a una determinata conclusione rimane opaco, come se fosse nascosto all'interno di una scatola chiusa. Questa mancanza di trasparenza può creare problemi di fiducia, responsabilità e controllo, soprattutto quando le decisioni prese dall'IA hanno impatti significativi su persone o organizzazioni. In italiano, il termine “scatola nera” richiama proprio l'idea di qualcosa di misterioso, inaccessibile e difficile da interpretare, rendendo complicato capire il “perché” di certe scelte o risultati.

Dipendenza dai dati: qualità e rappresentatività dei dati influenzano fortemente le prestazioni.

Costi e risorse: addestramento e utilizzo di modelli avanzati richiedono enormi risorse computazionali ed energetiche.

Interazione fisica: robot ancora limitati nella destrezza e nell'adattamento a contesti imprevisti.

Normativa: mancanza di regolamentazioni globali chiare e condivise.

Cosa è un chatbot?

Un chatbot è un software progettato per simulare una conversazione con esseri umani, utilizzando il linguaggio naturale, tramite interfacce testuali o vocali. Questi programmi si basano su algoritmi di elaborazione del linguaggio e, nei casi più avanzati, su tecniche di intelligenza artificiale, per comprendere le richieste degli utenti e fornire risposte pertinenti o svolgere azioni specifiche. I chatbot trovano applicazione in molti ambiti, dall'assistenza clienti all'informazione, dall'intrattenimento all'automazione di processi ripetitivi, offrendo interazioni rapide e spesso disponibili 24 ore su 24.

Non bisogna confondere un chatbot con una app che permette, ad esempio, di effettuare operazioni bancarie o di richiedere documenti alla pubblica amministrazione. In questi casi si tratta piuttosto di un'applicazione software progettata per offrire specifici servizi digitali, spesso tramite un'interfaccia grafica tradizionale fatta di menu, pulsanti e moduli da compilare. Queste app automatizzano procedure e consentono l'accesso a funzioni complesse, ma l'interazione avviene principalmente

attraverso la selezione di opzioni e l'inserimento di dati, e non tramite una conversazione in linguaggio naturale.

Un chatbot, invece, è un programma focalizzato sulla simulazione di una conversazione, cioè sulla capacità di “dialogare” con l'utente usando il linguaggio scritto o parlato, come già descritto in precedenza. A volte, nelle app più moderne, può essere presente anche un chatbot integrato che supporta l'utente, ad esempio rispondendo a domande frequenti o guidandolo nelle procedure, ma la presenza del chatbot è solo una possibile componente dell'app e non la sua definizione principale.

Un chatbot consente agli utenti di interagire con dispositivi digitali come se stessero comunicando con una persona reale. Sono utilizzati per vari scopi tra cui:

- servizio clienti: rispondere a domande frequenti, risolvere problemi comuni e rispondere a domande h 24.
- automazione processi: eseguire attività di routine, come ad esempio gestione di informazioni, aggiornamento di password, pianificazione di eventi.
- marketing e vendite: personalizzare l'esperienza del cliente, semplificare le operazioni di e-commerce e identificare e comprendere meglio i modelli e le tendenze nel comportamento di acquisto dei clienti.

I chatbots possono essere classificati in due categorie principali:

- chatbot dedicati alle attività: programmi monouso che si concentrano sull'esecuzione di una funzione specifica, utilizzando regole e NLP (*natural language processing*) per generare risposte automatizzate,
- chatbot predittivi basati sui dati: assistenti virtuali più sofisticati che utilizzano IA, NLP e ML (*machine learning* o apprendimento automatico) per imparare e fornire risposte personalizzate.

I Chatbot offrono numerosi vantaggi, tra cui:

- efficienza operativa: ridurre i tempi di risposta e i costi per le aziende.
- comodità per gli utenti: assistenza 24 h e risposte immediate alle domande frequenti.
- personalizzazione: offrire esperienze personalizzate grazie all'analisi dei dati e all'apprendimento automatico.

Tuttavia, i chatbot possono avere limitazioni come, ad esempio, la difficoltà a comprendere domande complesse o a gestire situazioni che richiedono intervento umano. Per superare queste limitazioni è possibile utilizzare tecnologie come l'AI generativa e l'integrazione con sistemi CRM. Questi ultimi (*customer relationship management*) sono sistemi di strategia aziendale che integrano tecnologie, processi e analisi dei dati per ottimizzare le relazioni coi clienti. Le loro caratteristiche principali, basate sulla gestione dei dati dei clienti, sono automazione dei processi di marketing, vendita e assistenza, personalizzazione delle interazioni coi clienti, analisi e reporting dei dati per prendere decisioni informate.

Oggi i chatbot sono diventati strumenti fondamentali. Eccone di attualmente in uso nel mondo:

ChatGPT – Sviluppato da OpenAI, è tra i chatbot più diffusi a livello globale e offre conversazioni avanzate in linguaggio naturale, assistenza, scrittura di testi, risposte a domande e molto altro.

Google Assistant – L'assistente virtuale di Google, integrato in smartphone, smart speaker e device IoT, in grado di gestire comandi vocali, rispondere a domande, gestire dispositivi e fornire informazioni personalizzate.

Amazon Alexa – L'assistente vocale di Amazon, presente in dispositivi Echo e altri prodotti smart home, consente di controllare la casa, riprodurre musica, rispondere a domande e interagire con servizi online.

Apple Siri – L'assistente intelligente di Apple, integrato in iPhone, iPad, Mac e altri dispositivi, che offre supporto tramite comandi vocali per una vasta gamma di servizi e applicazioni.

Microsoft Copilot – Integrato nelle piattaforme Microsoft, offre supporto e automazione in Office, Azure e altri ambienti professionali, facilitando la produttività tramite interazioni in linguaggio naturale.

Meta AI (ex Facebook M) – Utilizzato su Messenger e altre piattaforme Meta, supporta conversazioni automatiche, suggerimenti e interazioni con i servizi social e commerciali.

IBM Watson Assistant – Impiegato spesso in ambito business, sanitario e bancario, fornisce risposte personalizzate, automazione di processi e supporto decisionale avanzato.

Baidu DuerOS – Diffuso soprattutto in Cina, è un assistente virtuale per dispositivi mobili e smart home, con capacità di comprensione del linguaggio e gestione di servizi online.

Replika – Un chatbot focalizzato sull'interazione personale e l'ascolto empatico, usato soprattutto per il supporto emotivo e la conversazione individuale.

WeChat AI – Integrato nella popolare app di messaggistica cinese, permette interazioni automatizzate per servizi, shopping e assistenza clienti.

Gemini, infine ma non certo ultima, si distingue dai classici chatbot per le sue capacità multimodali: non si limita alla conversazione testuale, ma è in grado di comprendere e generare anche contenuti visivi e vocali. Mentre molti chatbot sono progettati principalmente per dialogare e fornire risposte in linguaggio naturale, Gemini mira a integrarsi in diversi servizi Google, offrendo un'assistenza più avanzata e versatile rispetto ai chatbot tradizionali. In sintesi, la differenza principale risiede nell'ampiezza delle funzioni e nella profondità dell'interazione: *Gemini non è solo un chatbot, ma una piattaforma di intelligenza artificiale che estende le possibilità di comunicazione e assistenza ben oltre la semplice chat.*

Questi chatbot rappresentano solo una parte delle soluzioni disponibili: molti altri sono sviluppati su misura per aziende o settori specifici, dimostrando quanto le tecnologie di intelligenza artificiale e le piattaforme di comunicazione siano ormai intrecciate nella vita quotidiana di milioni di utenti. Si tratta in sostanza di tecniche pervasive: si stanno insinuando in ogni ambito della nostra esistenza. Tanto nei sistemi di produzione, inseriti in una meccanica ad hoc e automatizzandone la funzione, fino ad una specie di incarnazione in robot multisensoriali e multireattivi, quanto nei sistemi di gestione, sostituendo gli addetti e gli analisti. Infine, nella comunicazione con gli utenti, nell'ambito delle più disparate offerte di servizi e di personalizzazione. Ampliamento e sviluppo delle possibilità offerte da questi prodotti di IA procedono con una velocità tale che la loro descrizione e catalogo rischiano di essere obsoleti nell'attimo stesso in cui vengono portati a termine.

Cosa si intende per deepfake?

La parola fa riferimento ad una tecnica di intelligenza artificiale utilizzata per creare video o audio falsi che appaiono realistici. Non c'è una corrispondente parola italiana, ma si potrebbero usare diverse espressioni:

- **falsi digitali:** per riferirsi a video o audio creati con tecniche di deep learning che appaiono falsi ma realistici
- **manipolazioni digitali:** per riferirsi alle tecniche utilizzate per creare deepfake, enfatizzando l'aspetto della manipolazione digitale
- **contenuti sintetici:** per riferirsi ai contenuti digitali creati con tecniche di IA basate su assemblaggi verosimili, ma non veri, per far sembrare che una persona dica o faccia qualcosa che in realtà non ha mai fatto.

Cosa è l'IoT (Internet delle Cose)?

L'*Internet of Things* si riferisce a una rete di dispositivi fisici, veicoli, edifici e altri oggetti che sono dotati di sensori software e altre tecnologie che consentono loro di raccogliere e scambiare dati con altri dispositivi e sistemi attraverso Internet. L'IoT è caratterizzato da:

- **connettività:** dispositivi e oggetti connessi a Internet e in grado di comunicare tra loro.
- **sensori e attuatori:** dispositivi dotati di sensori che raccolgono dati e attuatori che eseguono azioni.
- **analisi e raccolta dati:** raccolta e analisi dei dati per prendere decisioni o eseguire azioni.
- **automazione:** capacità di eseguire azioni automatiche senza l'intervento umano.

Alcune diffuse applicazioni dell'IoT:

- **casa intelligente:** controllo della temperatura, illuminazione e sicurezza della casa.
- **città intelligenti:** gestione del traffico, illuminazione pubblica e raccolta rifiuti.
- **industria 4.0:** monitoraggio e controllo dei processi industriali.

– **salute e benessere:** monitoraggio della salute e del benessere delle persone, anche attraverso wearable devices.

I vantaggi dell'IoT sono senz'altro numerosi, soprattutto nell'ambito di una migliore efficienza (automazione dei processi e riduzione dei costi), di una migliore sicurezza (monitoraggio e controllo), nell'utilità del controllo da remoto dei dispositivi e nelle opportunità di innovazione e sviluppo di nuovi prodotti e servizi. Esistono, però, anche rischi evidenti, da gestire attentamente, specie riguardo alla vulnerabilità verso attacchi informatici, o nella raccolta e utilizzo di dati personali e sensibili o nella difficoltà di un'efficace integrazione tra sistemi diversi.

Cosa si intende con l'acronimo GAFAM?

GAFAM è un acronimo che identifica i cinque principali colossi tecnologici mondiali: Google, Apple, Facebook, Amazon e Microsoft. Queste aziende, nate negli Stati Uniti, dominano il panorama digitale globale grazie alla loro influenza nei settori della ricerca online, dei social media, dell'e-commerce, dei dispositivi tecnologici e dei servizi software. Ciascuna di esse ha rivoluzionato il proprio ambito: Google per la ricerca e i servizi cloud, Apple per l'innovazione nei dispositivi mobili, Facebook (oggi Meta) per le piattaforme social, Amazon per il commercio elettronico e i servizi cloud, Microsoft per i sistemi operativi e le soluzioni aziendali.

L'impatto di GAFAM sulla società moderna è enorme: queste aziende modellano le abitudini di consumo, il modo di comunicare, lavorare e informarsi di miliardi di persone. Inoltre, la loro capacità di innovare e di integrare servizi diversi le rende centrali non solo dal punto di vista tecnologico, ma anche sociale, economico e culturale. In Italia, così come nel resto del mondo, l'espressione "GAFAM" è ormai diventata sinonimo dei giganti del tech che guidano la trasformazione digitale.

Cosa sono di preciso un server e un provider?

Un server è un computer o un sistema informatico progettato per fornire servizi, dati o risorse ad altri computer, detti client, tramite una rete.

Nella pratica, il server gestisce richieste provenienti dai client: ad esempio, quando navighiamo su Internet, il nostro dispositivo invia una richiesta a un server web, che risponde inviando la pagina richiesta. I server possono essere dedicati a molteplici funzioni: dalla gestione di siti web, all'archiviazione di file, fino all'elaborazione di dati, gestendo database e fornendo accesso ai contenuti. Possono fornire servizi di rete come DNS DHCP o il servizio di posta elettronica di e-mail.

Oltre all'hardware, un server comprende anche software specifici che permettono di gestire le richieste e garantire la sicurezza e l'efficienza delle comunicazioni. In un mondo sempre più connesso, i server rappresentano il cuore pulsante delle infrastrutture digitali, consentendo la condivisione e la distribuzione di risorse tra utenti e dispositivi sparsi in tutto il mondo.

Un provider, nel contesto digitale, è un soggetto – azienda o organizzazione – che offre servizi di accesso e gestione delle risorse su Internet o reti private. I provider più comuni sono quelli di servizi Internet (ISP), che permettono agli utenti di collegarsi alla rete mondiale, ma esistono anche provider di servizi cloud, di hosting, di posta elettronica e di applicazioni specifiche. Questi soggetti mettono a disposizione infrastrutture, tecnologie e assistenza, facilitando la connessione, la condivisione di dati e l'utilizzo di piattaforme online.

In pratica, il provider funge da intermediario tra l'utente e le risorse digitali: gestisce la sicurezza, la velocità, la stabilità delle connessioni e fornisce supporto tecnico. Senza i provider, sarebbe molto più complesso per privati e aziende accedere ai servizi digitali che oggi sono alla base della comunicazione, del lavoro e dell'intrattenimento.

La differenza principale tra un server e un provider sta nella loro funzione: il server è il dispositivo o sistema che ospita dati e servizi, mentre il provider è l'entità che mette a disposizione l'accesso a tali servizi e risorse.

Per esempio, un server può essere un computer situato in un data center che ospita un sito web: quando visiti www.miosito.it, il server web risponde inviandoti la pagina richiesta. Un provider, invece, può essere un'azienda come TIM, Vodafone, Fastweb o Aruba: queste società forniscono la connessione a Internet (ISP) oppure servizi di hosting, per-

mettendoti di pubblicare e mantenere online il tuo sito web. In sintesi, il server rappresenta la “macchina” che elabora e gestisce le informazioni, mentre il provider è il “fornitore” che ti consente di accedere a queste risorse o di utilizzarle in rete.

Un esempio pratico: il server di posta elettronica di Gmail gestisce la ricezione e l'invio delle tue e-mail, mentre Google, in questo caso, è il provider che offre il servizio di posta elettronica agli utenti. Allo stesso modo, Amazon AWS è un provider di servizi cloud che mette a disposizione server virtuali e infrastrutture a chi ne ha bisogno.

Cosa è un browser?

Il browser, o navigatore web, è un programma che permette di accedere, visualizzare e interagire con i siti e le applicazioni presenti su Internet. Alcuni esempi noti sono Google Chrome, Mozilla, Firefox, Safari e Microsoft Edge. Quando inserisci un indirizzo web nella barra del browser, questo invia una richiesta al server che ospita il sito, riceve i dati necessari e li mostra sullo schermo in modo comprensibile e navigabile. In pratica, il browser è la “finestra” che utilizzi ogni giorno per esplorare il web, leggere notizie, guardare video, inviare e-mail o fare acquisti online.

Cosa sono e a cosa servono il DNS e il DHCP? Cos'è l'indirizzo IP? E l'URL?

Il DNS (acronimo di *Domain Name System*) è un sistema fondamentale per il funzionamento di Internet. Il suo scopo principale è tradurre i nomi di dominio che usiamo ogni giorno (come www.google.com o www.miosito.it) negli indirizzi numerici (indirizzi IP) che i computer utilizzano per identificarsi e comunicare tra loro sulla rete.

In altre parole, il DNS funziona come una sorta di “rubrica telefonica” di Internet: quando digiti un indirizzo web nel browser, il DNS si occupa di trovare il corrispondente indirizzo IP del server che ospita il sito, permettendo così al tuo dispositivo di collegarsi correttamente.

Il processo avviene in modo trasparente per l'utente e in pochi istanti.

Senza il DNS, dovremmo ricordare e digitare lunghi numeri per accedere ai siti web, rendendo la navigazione molto più complicata.

Esempio pratico: quando inserisci www.miosito.it nel browser, il DNS traduce questo nome nel relativo indirizzo IP del server che ospita il sito. Solo a questo punto il tuo dispositivo può inviare la richiesta e ricevere la pagina web desiderata.

Ruolo del provider e del server nel DNS: spesso i provider Internet (ISP) offrono anche i propri server DNS per facilitare e velocizzare la navigazione dei loro utenti. Il server DNS, in questo caso, è la “macchina” che esegue la traduzione tra nome di dominio e indirizzo IP; il provider è l’entità che ti permette di utilizzare questo servizio e accedere alle risorse online.

In sintesi, il DNS rende Internet accessibile e semplice da usare, permettendo una connessione fluida tra nomi leggibili dall’uomo e indirizzi comprensibili dai computer.

Il DHCP (acronimo di *Dynamic Host Configuration Protocol*) è un protocollo fondamentale che automatizza l’assegnazione degli indirizzi IP e di altri parametri di rete ai dispositivi connessi a una rete informatica. In pratica, quando un computer, uno smartphone o qualsiasi altro dispositivo si collega a una rete (ad esempio, una rete Wi-Fi domestica), il server DHCP si occupa di assegnare automaticamente un indirizzo IP disponibile, senza che l’utente debba configurarlo manualmente. Oltre all’indirizzo IP, il DHCP fornisce anche altre informazioni essenziali come la *subnet mask* (un numero che serve a dividere un indirizzo IP in due parti: la rete cui appartiene il dispositivo e l’host che identifica il dispositivo specifico), il *gateway predefinito* (la porta che collega la rete locale ad internet) e gli indirizzi dei server DNS.

Grazie al DHCP, la gestione delle reti diventa molto più semplice, specialmente in ambienti dove sono presenti molti dispositivi che si connettono e si disconnettono frequentemente. Senza il DHCP, ogni dispositivo dovrebbe essere configurato manualmente, aumentando il rischio di errori e conflitti di indirizzo. In sintesi, il DHCP facilita la connessione e il funzionamento fluido delle reti moderne, rendendo il processo trasparente e immediato per gli utenti.

L'indirizzo IP (*Internet Protocol*) è un numero univoco assegnato a ciascun dispositivo connesso a una rete, come Internet o una rete locale. Questo codice numerico permette di identificare in modo preciso ogni computer, smartphone, stampante o altro dispositivo, consentendo loro di comunicare tra loro e scambiarsi dati in modo corretto. In sostanza, l'indirizzo IP funziona come l'indirizzo di casa per i dispositivi sulla rete: senza di esso, le informazioni non saprebbero dove essere recapitate.

Gli indirizzi IP possono essere statici (sempre uguali per uno stesso dispositivo) oppure dinamici, ovvero cambiare ogni volta che il dispositivo si collega alla rete, spesso grazie all'intervento di protocolli come il DHCP. Esistono due versioni principali di indirizzi IP: IPv4, formata da quattro numeri separati da punti (ad esempio, 192.168.1.1), e IPv6, una versione più recente e lunga progettata per supportare un numero molto maggiore di dispositivi connessi.

Un link web, noto anche come URL (*uniform resource locator*) è un indirizzo, che identifica una risorsa specifica su Internet ed è utilizzato per accedervi. Un URL è composto da: un protocollo (per esempio, http o https), un nome del dominio (ad esempio, esempio.it), un percorso della risorsa (per esempio, /pagina/ sottopagina).

SI PUÓ DIRE CHE OGNI FORMA DI IA SIA BASATA SUGLI ALGORITMI? CHE UN ALGORITMO SIA L'UNITÀ OPERATIVA DI OGNI IA? CHE COSA É UN ALGORITMO?

In generale, sì: ogni forma di intelligenza artificiale (IA) si basa su algoritmi. Un algoritmo può essere considerato l'unità operativa fondamentale di qualsiasi IA, in quanto rappresenta una sequenza finita e ordinata di istruzioni che consentono alla macchina di elaborare dati, apprendere da essi e compiere azioni o prendere decisioni. In altre parole, senza algoritmi non esisterebbe alcuna forma di IA, poiché essi costituiscono il "motore" logico che trasforma gli input in output, sia che si tratti di semplici regole di classificazione, di reti neurali complesse o di sistemi di apprendimento automatico.

Un algoritmo, dunque, è una procedura sistematica e non ambigua che, partendo da dati iniziali (input), conduce a un risultato (output) attraverso una serie di passaggi logici determinati. Nel contesto dell'IA, gli algoritmi possono essere molto semplici (ad esempio, una regola “se... allora...”) oppure estremamente sofisticati, come quelli che permettono alle IA generative di produrre testi, immagini o musica. In sintesi, l'algoritmo è il cuore operativo che rende possibile il funzionamento dell'intelligenza artificiale. Internet (o la rete) ne rappresenta l'amplificatore e ne assicura l'interoperatività.

Come è fatto un algoritmo, come lo si produce e quali conoscenze servono per produrlo? Un programma è un algoritmo? Un programmatore introduce un algoritmo in un hardware?

Un algoritmo è una sequenza precisa, ordinata e finita di istruzioni che descrive, passo dopo passo, come risolvere un problema o svolgere un compito specifico, partendo da determinati dati in ingresso per arrivare a un risultato in uscita. Per costruire un algoritmo, serve innanzitutto capire bene il problema (paradossalmente, non tanto la sua natura profonda, quanto il risultato che si intende ottenere), identificare i dati in ingresso (input) saperlo analizzare e scomporre in passi elementari, logici e non ambigui, per trasformare gli input in output. Infine, scrivere i passi in modo chiaro e sequenziale e testarlo con vari esempi per vedere se funziona sempre. Un algoritmo non è una cosa “materiale” come un oggetto fisico: è una struttura logica. Può essere scritto su carta, in linguaggio naturale, in pseudocodice o in linguaggio di programmazione (es. Python, Java, ecc.). Le competenze necessarie a comporlo includono basi di logica, matematica, capacità di astrazione e spesso anche conoscenze specifiche relative al dominio applicativo (ad esempio, finanza, medicina, robotica). Sostanzialmente un algoritmo è fatto di *istruzioni* (operazioni da eseguire), *condizioni* (se succede x fai y), *cicli o ripetizioni* (ripeti questo finché non succede qualcosa), *variabili* (per memorizzare valori intermedi), *input/output* (leggere dati in ingresso → produrre risultati in uscita).

Un programma, invece, è la traduzione concreta di uno o più algoritmi in un linguaggio comprensibile dal computer (il linguaggio di

programmazione), arricchito da istruzioni che permettono l'interazione con l'hardware e la gestione di input/output. In altre parole, ogni programma contiene almeno un algoritmo, ma non tutti gli algoritmi sono automaticamente programmi: solo quelli che vengono effettivamente codificati e implementati lo diventano.

Il programmatore, quindi, è la figura che prende un algoritmo (progettato o scelto in base al problema) e lo trasforma in un insieme di istruzioni che possono essere eseguite da un hardware, cioè da un computer o da un dispositivo elettronico. In questo senso, il programmatore "inserisce" l'algoritmo nell'hardware tramite il software, rendendo possibile l'automazione di processi e la risoluzione di problemi in modo efficiente e ripetibile.

Quale potrebbe essere una definizione sintetica di IA?

In modo sintetico, l'intelligenza artificiale (IA) può essere definita come l'insieme di tecnologie e sistemi in grado di simulare capacità cognitive tipiche dell'essere umano, come apprendere, ragionare, risolvere problemi e prendere decisioni, attraverso l'elaborazione automatica di dati e informazioni.

E dovendo darne una descrizione più completa, analitica, descrittiva e comprensibile cosa si potrebbe dire?

Dovendo fornire una descrizione più completa, analitica e accessibile dell'intelligenza artificiale (IA), la si potrebbe vedere come un insieme articolato di tecniche, metodi e sistemi progettati per permettere alle macchine di svolgere compiti che, tradizionalmente, richiederebbero l'intelligenza umana. Questi compiti includono il riconoscimento di immagini e linguaggio, la risoluzione di problemi complessi, l'apprendimento dall'esperienza, la pianificazione di azioni e l'adattamento a situazioni nuove. L'IA si basa su algoritmi che consentono alla macchina di analizzare grandi quantità di dati, individuare schemi ricorrenti (*pattern*), formulare ipotesi e prendere decisioni autonome o assistite.

La realizzazione di un sistema di IA richiede la definizione di obiettivi precisi, la raccolta e la preparazione dei dati, la scelta di modelli mate-

matici e statistici adeguati, e la scrittura di programmi che implementano questi modelli. Spesso, l'IA utilizza tecniche di apprendimento automatico (machine learning), in cui il sistema "impara" dai dati, migliorando le proprie prestazioni nel tempo senza essere esplicitamente programmato per ogni singola situazione. In casi più avanzati, si parla di apprendimento profondo (*deep learning*), che impiega reti neurali artificiali ispirate al funzionamento del cervello umano.

Dal punto di vista applicativo, l'IA trova impiego in settori diversissimi: dalla medicina alla finanza, dalla robotica ai trasporti, dall'intrattenimento all'educazione. Tuttavia, la sua diffusione solleva anche interrogativi etici, sociali e filosofici: quali decisioni possono essere delegate alle macchine? Come garantire trasparenza, equità e sicurezza? In sintesi, l'intelligenza artificiale è una disciplina dinamica e multidisciplinare, che mira a creare sistemi capaci di "pensare", apprendere e agire in modo autonomo, ma sempre all'interno di un quadro di controllo e responsabilità umana.

I PATTERN DELLA MENTE SONO ALGORITMI? UNA QUESTIONE APERTA: PROSPETTIVE E DILEMMI SULLA NATURA DEI PROCESSI MENTALI.

Questa domanda, se i pattern della mente siano o meno algoritmi, tocca uno dei nodi centrali delle scienze cognitive, della filosofia della mente e dell'intelligenza artificiale. Da decenni, ricercatrici e ricercatori di diverse discipline si interrogano sulla natura dei processi mentali, cercando di comprendere se essi possano essere pienamente spiegati tramite la metafora computazionale, oppure se la mente umana ecceda i confini di ciò che è calcolabile, procedurale, algoritmico. In realtà esiste un intero panorama di posizioni e risposte possibili, che proveremo a sintetizzare, fermo restando che, per farlo, bisogna partire da una definizione univoca e non ambigua dei due termini. Diciamo dunque che, quando parliamo di pattern mentali, facciamo riferimento a strutture funzionali ricorrenti, schemi e regolarità, che emergono nei processi

mentali cognitivi, dalle percezioni ai pensieri complessi. Mentre, quando parliamo di algoritmi, intendiamo dei procedimenti definiti, finiti e non ambigui, composti da una sequenza di istruzioni che, dati alcuni input, producono un output. Possiamo brevemente articolare la risposta in quattro punti:

1. La mente come sistema algoritmico.

Secondo la visione computazionale classica, i pattern della mente sarebbero in effetti algoritmi: sequenze di operazioni logiche e simboliche, simili a quelle eseguite dai computer. Questa posizione, sostenuta da molte teorie della computazione e della scienza cognitiva, vede la mente come un insieme di moduli o programmi che processano informazioni secondo regole determinate.

2. La mente come sistema neurale, non riconducibile ad algoritmi.

Un'altra corrente ritiene che, sebbene alcune funzioni della mente possano essere descritte in termini algoritmici, la realtà neurobiologica introduce elementi di complessità, adattività e casualità che sfuggono a una formulazione rigida. I pattern mentali, in questa prospettiva, emergono da reti dinamiche di interazioni neuronali, la cui imprevedibilità e plasticità non sarebbero del tutto riconducibili a un algoritmo classico.

3. Algoritmi ampliati: la frontiera delle reti neurali artificiali.

Le reti neurali artificiali, ispirate al cervello biologico, suggeriscono una terza via: quella di algoritmi “non espliciti”, capaci di apprendere e generalizzare pattern senza seguire regole dichiarative passo-passo. In questo senso, i pattern della mente potrebbero essere assimilabili a classi di algoritmi adattivi, evolutivi, capaci di mutare e crescere con l'esperienza.

4. Il superamento della metafora computazionale.

C'è chi sostiene che la mente sia, in parte o del tutto, irriducibile a ogni schema algoritmico. Consapevolezza, intenzionalità, esperienza soggettiva (*qualia*) e creatività sarebbero esempi di fenomeni che sfuggono alla formalizzazione algoritmica. Qui entra in gioco la critica della “Chinese Room” di Searle, il dibattito sul significato e la semantica, e la possibilità che la mente operi su livelli non computabili o non simulabili da macchine digitali.

Una impressione che si ricava da queste valutazioni è che non si tratti di una questione semplicemente tecnica, per quanto complessa, ma piuttosto di un problema profondo: cosa distingue l'umano dal meccanico? È possibile simulare la coscienza? L'intelligenza artificiale può mai essere davvero "mentale" o resta un'imitazione superficiale di pattern algoritmici? L'interrogativo resta aperto e fertile di dibattito. Il tipo di risposta che si dà comporta conseguenze nella comprensione dei meccanismi della coscienza e della creatività e nelle possibilità future dell'IA. Forse bisogna trovare la giusta via tra due possibili poli. Possiamo situare l'inafferrabilità del pensiero umano nella capacità del cervello di riscrivere continuamente i propri pattern, oscillando tra rigore algoritmico e apertura all'imprevisto, e sull'altro versante, quello dell'IA, tener conto dell'indistinguibilità, in un punto di convergenza, tra simulazione e realtà. Simulare perfettamente un'emozione, simulare perfettamente una coscienza, diventa avere un'emozione, avere una coscienza.

LA CHINESE ROOM DI JOHN SEARLE: IL CELEBRE ESPERIMENTO MENTALE SULLA COMPrensIONE ARTIFICIALE.

Il filosofo statunitense Jhon Searle, nel 1980, propose, nell'ambito del dibattito sull'intelligenza artificiale e la natura della mente, un esperimento mentale che divenne famoso e il cui obbiettivo era dimostrare che la mera manipolazione sintattica dei simboli, tipica dei computer e dei programmi, non equivale a una reale comprensione o coscienza.

Searle immagina una persona che non conosce il cinese chiusa in una stanza. Nella stanza ci sono dei manuali (scritti in una lingua che la persona comprende) che spiegano esattamente come rispondere a dei caratteri cinesi che vengono inseriti da fuori tramite una fessura. L'operatore segue le istruzioni del manuale per manipolare i simboli e produrre risposte altrettanto corrette in cinese, che poi vengono rimandate all'esterno.

Dall'esterno, chi riceve le risposte potrebbe pensare che nella stanza ci sia qualcuno che comprende davvero il cinese, poiché le risposte sono perfettamente sensate. Tuttavia, la persona all'interno della stanza non

conosce minimamente la lingua: si limita a manipolare simboli secondo regole precise, senza alcuna comprensione semantica.

Ne deriva che l'esecuzione di un programma (seguire regole per manipolare simboli) non basta per generare comprensione, intenzionalità o coscienza. I computer, per quanto possano comportarsi *come se* comprendessero (ad esempio superando il test di Turing), non *capiscono* realmente ciò che fanno: sono privi di mente e consapevolezza. La mente umana non è solo una questione di processi formali e sintattici, ma comporta anche una dimensione semantica reale, legata all'esperienza soggettiva e al significato.

La "Chinese Room" di Searle mette in discussione l'idea che una macchina possa davvero "pensare" o "comprendere" solo in virtù della sua capacità di manipolare simboli secondo regole. Questo argomento ha avuto e continua ad avere un impatto significativo nei dibattiti sulla filosofia della mente, sull'intelligenza artificiale forte e sul rapporto tra mente e macchina. Esistono dei "presupposti di realtà" che continuano a persistere, a prescindere dal potere e dalle capacità interpretative e generative dei più futuribili ed evoluti devices algoritmici di IA. Potremmo arrivare ad essere sovrastati da un potere inconsapevole?

ALGORITMI EVOLUTIVI E ADATTATIVI E RETI NEURALI ARTIFICIALI: PRINCIPI, FUNZIONAMENTO E APPLICAZIONI.

Esistono acquisizioni ormai indiscutibili e basilari nella concezione che le neuroscienze hanno del cervello e dei suoi meccanismi funzionali: la plasticità e l'adattabilità. Il cervello umano è un sistema incredibilmente complesso e dinamico, capace non solo di variare la risposta ad un determinato input a seconda di un giudizio cognitivo che comprende insieme l'ambiente esterno e quello — diciamo così — interno, ma anche di modificare sé stesso, di variare, cioè, la sua configurazione di rete neurale. La plasticità cerebrale è la capacità del cervello di riorganizzarsi in risposta a nuove ripetute esperienze, apprendimenti e possibili lesioni. Questo processo è fondamentale.

Il concetto del cervello come sistema evolutivo autonomo suggerisce che i neuroni al suo interno contendono e si evolvono in risposta alle stimolazioni dell'habitat e alla competizione interspecifica. Questa competizione può portare alla selezione delle connessioni neurali più efficienti a rispondere a rinnovate esigenze ambientali e alla deafferentazione di quelle meno o non più necessarie.

La plasticità cerebrale può essere osservata a diversi livelli, dalle sinapsi ai circuiti neurali e può essere influenzata da fattori come età, esperienza, situazione, domanda. Ad esempio, quando impariamo nuove abilità come suonare uno strumento musicale, il cervello crea nuove connessioni tra i neuroni e rinforza quelle esistenti. Questo processo di riorganizzazione cerebrale può portare a miglioramenti significativi nelle prestazioni, fino a rendere del tutto automatiche procedure molto complesse (memoria procedurale).

Naturalmente, la plasticità cerebrale può essere influenzata da esperienze negative, come lo stress o la depressione, che possono portare a cambiamenti peggiorativi nella struttura e nella funzione del cervello. Ma anche possibilità di rimodulare, attraverso la pratica, a scopo compensativo e di recupero di una regione lesa, interi fasci connettivi.

In questo senso il cervello può essere visto come un sistema dinamico e adattabile, capace di modificarsi e riorganizzarsi in risposta alle esperienze e alle stimolazioni ambientali. Questa capacità di adattamento è fondamentale per la sopravvivenza e il successo dell'individuo, e offre possibilità di miglioramento e crescita personale.

Nel suo volume "Darwinismo neurale" del 1987, Gerald Edelman propone un modello di sviluppo del sistema nervoso vincolato in gran parte all'evoluzione genetica, ma nello stesso tempo capace di modificarsi autonomamente adattandosi alle richieste. Crescita e plasticità, quindi, correlate al genoma in senso più squisitamente epigenetico. Secondo Edelman il cervello risponde alla stessa logica della selezione popolazionistica darwiniana, ossia si sviluppa attraverso la selezione di gruppi di neuroni. Applicata al SNC, la sua teoria, che riceve continue conferme sperimentali, dimostra che, già in età embrionale, avviene una selezione dei gruppi di neuroni che rispondono meglio agli stimoli e formano quindi, in-

sieme con altri gruppi, la struttura del cervello. Tale darwinismo neurale si basa su tre principi: la selezione nello sviluppo, la selezione esperienziale e il rientro. La selezione nello sviluppo prevede che connessioni neuronali sinaptiche e gruppi di neuroni siano continuamente soggetti a selezione (competizione topobiologica, potatura o *pruning*) durante lo sviluppo dell'individuo. Secondo Edelman le modalità con cui i neuroni si strutturano e funzionano "per gruppi" sono sempre epigenetici e mai per istruzioni del genoma. La molteplicità e l'individualità delle connessioni implica inoltre che ogni cervello si conformi in risposta all'insieme degli stimoli ed alla conseguente selezione dei gruppi neurali (selezione esperienziale). Quindi non possono esistere due cervelli identici nemmeno fra gemelli omozigoti che hanno vissuto nello stesso ambiente, e anche il cervello di un unico individuo si modifica nel tempo. L'enorme variabilità delle connessioni sinaptiche e la loro estrema plasticità comporta l'auto organizzazione di gruppi di neuroni molteplici e modulari, fenomeno che viene definito rientro. In ultima analisi, in ogni momento, ogni cervello mostra un'istantanea diversa di sé. Essa è prodotta in aderenza ad un principio centrale in biologia: che tutte le popolazioni, dai geni alle specie viventi, ai loro sistemi, sono definite in modo probabilistico e sono generate dalla variazione casuale e dalla selezione. Edelman applica questo principio a ogni livello neurale, dai collegamenti tra neuroni alla formazione della memoria e della coscienza, dove tutto si tiene in un vertiginoso anello.

Gli studi e le ricerche sull'intelligenza artificiale da un lato e le neuroscienze dall'altro, si sono sempre date una mano, implementandosi a vicenda e creando un rapporto di simbiosi che favorisce i progressi in entrambi i campi. Le neuroscienze studiano il funzionamento del cervello umano, fornendo un modello per progettare algoritmi più avanzati. In questo senso l'IA può essere considerata come il risultato di un approccio riduzionistico al funzionamento cerebrale, come se esso potesse davvero essere ridotto alla somma di componenti più semplici. Ma anche come un esperimento di natura olistica, quasi che nuove e impreviste funzioni e capacità possano emergere dalla quantità di dati sottoposti ad elaborazione e dalla complessità di reti neurali artificiali collegate tra loro. Le reti neurali artificiali sono ispirate ai neuroni biologici e alle loro

connessioni sinaptiche, consentendo progressi notevoli nell'elaborazione del linguaggio naturale e nel riconoscimento delle immagini. Così anche l'IA aiuta le neuroscienze ad analizzare grandi quantità di dati provenienti da tecniche di imaging cerebrale e diagnostica, identificando modelli nascosti che potrebbero sfuggire all'occhio umano.

A questa continua inferenza dell'un approccio sull'altro, si deve in definitiva l'ideazione di algoritmi non più rigidi, ma *self-mutant* (automutanti) e *apprentic* (apprendisti). Nel campo dell'IA, la visione darwiniana dello sviluppo neurologico di Edelman si è concretizzata nella formulazione di **algoritmi evolutivi e adattativi**: metodologie di calcolo ispirate ai processi naturali di evoluzione e adattamento, usate per risolvere problemi complessi in cui le soluzioni ottimali non sono immediatamente evidenti o dove l'ambiente e le condizioni possono cambiare durante il processo di ricerca.

Cos'è un algoritmo evolutivo?

Un algoritmo evolutivo è una classe di algoritmi di ottimizzazione e ricerca basati sui principi della selezione naturale e della genetica darwiniana. Questi algoritmi imitano la maniera in cui le popolazioni di organismi viventi evolvono nel tempo, utilizzando meccanismi come la selezione, la ricombinazione (crossover), la mutazione e la sopravvivenza del più adatto.

In un algoritmo evolutivo si riconoscono diverse componenti:

- Popolazione: un insieme di possibili soluzioni (individui o cromosomi) al problema.
- Funzione di fitness: un criterio che valuta la qualità di ogni soluzione.
- Selezione: le soluzioni migliori vengono selezionate per generare la nuova popolazione.
- Crossover (ricombinazione): due o più soluzioni vengono combinate per crearne di nuove.
- Mutazione: vengono introdotte piccole variazioni casuali nelle soluzioni per esplorare nuove possibilità.
- Sopravvivenza: solo le soluzioni migliori passano alla generazione successiva.

Il processo funzionale di un algoritmo evolutivo segue tipicamente questi passi:

- Generazione casuale iniziale della popolazione.
- Valutazione delle soluzioni tramite la funzione di fitness.
- Selezione delle soluzioni migliori.
- Applicazione di crossover e mutazione per generare nuove soluzioni.
- Costruzione della nuova popolazione.

Ripetizione del processo fino al raggiungimento di un criterio di arresto (es. una soluzione soddisfacente o un numero massimo di generazioni).

Gli algoritmi evolutivi assumono, in un certo senso per imitazione, diverse sembianze. Gli algoritmi cosiddetti *genetici* sono ispirati a reali meccanismi genetici e sono usati in vari settori, dall'ingegneria all'ottimizzazione industriale. Quelli di *programmazione evolutiva* sono concentrati sull'evoluzione delle strategie di risoluzione più che sulle soluzioni vere e proprie e sono utilizzati spesso per problemi di ottimizzazione continua. Infine, gli algoritmi di *programmazione genetica* comportano l'evoluzione di interi programmi informatici e non solo dell'approccio a limitate stringhe di dati.

Tra i numerosi campi di applicazione degli algoritmi evolutivi, la medicina offre esempi particolarmente significativi grazie alla complessità e alla variabilità dei problemi trattati. Un caso attuale e concreto è l'ottimizzazione della forma e dei materiali delle protesi ortopediche, come quelle dell'anca o del ginocchio, tramite l'utilizzo di algoritmi genetici. La progettazione di una protesi ortopedica richiede il bilanciamento di molteplici variabili: la protesi deve garantire resistenza meccanica, adattarsi all'anatomia specifica della persona, essere il più possibile leggera e ridurre al minimo l'usura nel tempo. Spesso, inoltre, è necessario considerare materiali diversi e le sollecitazioni a cui la protesi sarà sottoposta, che variano da paziente a paziente. Per affrontare questa complessità, i ricercatori e le ricercatrici utilizzano algoritmi genetici come strumento di ottimizzazione.

Il processo funziona in modo simile a una selezione naturale virtuale:

- Si parte da una popolazione iniziale di progetti di protesi, ciascuno ca-

ratterizzato da combinazioni casuali di parametri (forma, dimensioni, scelta dei materiali, spessore delle componenti...);

Ogni progetto viene valutato attraverso simulazioni al computer che misurano prestazioni strutturali, comfort, longevità e altri criteri clinici rilevanti;

I progetti migliori, cioè quelli che rispondono meglio agli obiettivi definiti (ad esempio durare più a lungo e adattarsi perfettamente all'anatomia del paziente), vengono selezionati per "riprodursi": attraverso operazioni di crossover e mutazione, generano nuove varianti.

Il ciclo di valutazione e selezione si ripete per molte generazioni, portando progressivamente a soluzioni ottimali o comunque molto avanzate rispetto al punto di partenza.

Questa strategia evolutiva consente di esplorare uno spazio di soluzioni vastissimo e difficilmente gestibile dall'essere umano soltanto con metodi tradizionali. Il risultato è la possibilità di ottenere protesi altamente personalizzate, che garantiscono maggiore comfort, minor rischio di complicanze e una durata superiore rispetto ai dispositivi progettati con metodi convenzionali.

Recentemente, l'approccio evolutivo viene integrato con tecnologie di stampa 3D, che permettono di realizzare prototipi "su misura" direttamente a partire dal modello ottimizzato dall'algoritmo. Questo ha aperto la strada a una medicina sempre più personalizzata, in cui la protesi viene letteralmente costruita sul corpo di chi la riceve, migliorando sensibilmente la qualità della vita post-intervento.

In sintesi, gli algoritmi evolutivi stanno trasformando il modo in cui si affrontano le sfide ingegneristiche e cliniche nella progettazione di dispositivi medici, dimostrando come la logica della natura possa essere alleata dell'innovazione e della salute.

Un altro esempio particolarmente promettente riguarda la progettazione di farmaci immunoterapici personalizzati contro il cancro. In questo ambito, gli algoritmi evolutivi vengono utilizzati per generare e selezionare, tra milioni di possibili combinazioni di peptidi o anticorpi, quelle molecole che meglio si legano agli antigeni specifici delle cellule tumorali di una determinata persona. Si parte da una "popolazione" vir-

tuale di candidati farmaci, ciascuno modellato sulla base delle informazioni genetiche e molecolari ottenute dal tumore del paziente. Tramite simulazioni avanzate, ogni molecola viene valutata per affinità, selettività e potenziale attivazione del sistema immunitario. Solo le soluzioni più promettenti vengono selezionate e “ricombinate”, generando nuove varianti che vengono testate nei cicli successivi, affinando così progressivamente le proprietà desiderate.

Questo *modus agendi* attraverso l'IA permette di accelerare enormemente l'identificazione di farmaci immunitari “su misura”, capaci di colpire con precisione anche tumori particolarmente complessi e resistenti. L'integrazione con la produzione biotecnologica avanzata consente poi di passare rapidamente dalla simulazione alla sintesi reale della molecola selezionata, aprendo prospettive concrete per terapie oncologiche sempre più personalizzate ed efficaci.

Cos'è un algoritmo adattativo?

Un algoritmo adattativo è un algoritmo in grado di modificare il proprio comportamento e i propri parametri in risposta ai cambiamenti dell'ambiente o dei dati su cui opera. L'adattività è una qualità fondamentale in sistemi dove le condizioni possono variare nel tempo, e permette al sistema di mantenere efficienza e prestazioni senza intervento umano.

Tra le sue caratteristiche principali possiamo inserire l'autoregolazione (l'algoritmo può modificare parametri interni, come il tasso di apprendimento, durante l'esecuzione), la risposta a cambiamenti (può adattarsi a nuove informazioni o modifiche del problema senza essere rilanciato da zero), l'incrementalità (impara o migliora le prestazioni progressivamente, sulla base dei dati ricevuti nel tempo). Come esempi di algoritmi adattativi possiamo citare gli algoritmi di apprendimento automatico: reti neurali che modificano la loro configurazione in base ai dati in ingresso. Oppure i filtri adattativi usati nell'elaborazione del segnale per tracciare fonti di rumore o variazioni nei dati. O anche i sistemi di controllo adattativo che regolano automaticamente i propri parametri per mantenere la performance desiderata.

Gli algoritmi adattativi trovano oggi applicazione in numerosi settori, offrendo soluzioni flessibili e intelligenti di fronte a problemi complessi e ambienti in continua evoluzione.

In medicina, sono alla base dei moderni sistemi di monitoraggio dei parametri vitali: dispositivi indossabili utilizzano filtri adattativi per distinguere il battito cardiaco reale da artefatti e rumori, adattandosi alle variazioni individuali del paziente in tempo reale. Nel campo dell'elaborazione delle immagini mediche, tecniche come le reti neurali adattative supportano la diagnosi assistita, migliorando la rilevazione precoce di anomalie in radiografie o risonanze grazie a un continuo aggiornamento dei propri parametri man mano che acquisiscono nuovi dati. In ingegneria, questi algoritmi ottimizzano il funzionamento di impianti industriali complessi attraverso sistemi di controllo adattativi che correggono in modo autonomo i parametri operativi per mantenere le prestazioni ottimali, anche in presenza di cambiamenti improvvisi o guasti parziali. Nell'ambito della progettazione strutturale, vengono impiegati per il monitoraggio e la manutenzione predittiva di infrastrutture come ponti e grattacieli, adattando le soglie di allarme e gli interventi in base al degrado rilevato e alle condizioni ambientali in tempo reale.

La versatilità degli algoritmi adattativi si estende anche a settori come la logistica — dove ottimizzano i percorsi di consegna in base al traffico e agli imprevisti — e la robotica, dove consentono ai robot di adattarsi rapidamente a nuove mansioni o ambienti senza la necessità di essere riprogrammati da zero. In economia e finanza, gli algoritmi adattativi sono impiegati nella gestione dinamica dei portafogli d'investimento. Sistemi di trading algoritmico eseguono analisi predittive in tempo reale, regolando automaticamente le strategie di acquisto e vendita in base ai cambiamenti dei mercati e all'evolversi delle condizioni macroeconomiche. Modelli adattativi vengono inoltre utilizzati nella valutazione del rischio creditizio, personalizzando le decisioni sulla concessione di prestiti grazie all'aggiornamento costante delle informazioni sui singoli clienti.)

Gli algoritmi agiscono all'interno di reti neurali artificiali

Una rete neurale adattativa (ANN) e/o evolutiva (ENN) è un particolare tipo di rete neurale artificiale progettata per modificare autonomamente la propria struttura o i propri parametri di apprendimento in risposta ai dati che riceve in ingresso e alle variazioni dell'ambiente circostante. Questo processo di adattamento le permette di migliorare progressivamente le proprie prestazioni, riconoscendo schemi sempre più complessi e affinando la capacità di interpretazione e previsione. Diversamente dalle reti neurali "statiche", che mantengono invariati i propri pesi dopo la fase di addestramento, le reti adattative continuano ad aggiornarsi anche durante il loro funzionamento, adattandosi in tempo reale a nuovi dati, cambiamenti nelle condizioni operative o nelle caratteristiche degli stimoli.

Questa caratteristica rende le reti neurali adattative strumenti particolarmente preziosi per applicazioni dove la variabilità è la norma: ad esempio, nel monitoraggio dei pazienti (per rilevare battiti cardiaci irregolari o variazioni fisiologiche), nella diagnosi automatica di immagini mediche, oppure in scenari come la gestione di processi industriali complessi e l'analisi finanziaria dinamica. Le reti neurali adattative ed evolutive apprendono, evolvono e si ottimizzano costantemente, fungendo da "cervello digitale" in grado di rispondere con prontezza a situazioni mai incontrate prima o a dati rumorosi e imperfetti.

Come è fatta materialmente una rete neurale artificiale (adattativa e/o evolutiva)?

Dal punto di vista materiale, una rete neurale è costituita da un insieme di unità elementari chiamate neuroni artificiali, organizzate in strati (input, nascosti e output), collegate tra loro tramite pesi sinaptici. Questi **pesi** rappresentano i parametri su cui la rete opera i propri adattamenti e l'apprendimento. Ogni neurone riceve segnali in ingresso, li elabora attraverso una funzione di attivazione e trasmette il risultato agli strati successivi. La particolarità di una rete neurale adattativa sta nella pre-

senza di meccanismi che consentono la modifica dinamica dei pesi sinaptici (e talvolta anche della struttura stessa della rete) non solo durante la fase di addestramento, ma anche in tempo reale durante l'operatività.

Nella pratica, questa capacità adattativa si concretizza tramite algoritmi di apprendimento online, come l'aggiornamento iterativo dei pesi secondo il gradiente dell'errore oppure l'impiego di regole che permettono alla rete di inserire, eliminare o riconfigurare i collegamenti e i neuroni in risposta a dati mutevoli o imprevisti. I dispositivi hardware che implementano reti neurali adattative possono essere computer convenzionali, sistemi embedded, circuiti integrati specifici (ASIC) o soluzioni su chip (FPGA) ottimizzate per l'elaborazione parallela e l'adattamento in tempo reale.

Questa architettura modulare e flessibile permette alle reti adattative di gestire informazioni rumorose, incomplete o in rapido cambiamento, rendendole strumenti ideali per applicazioni dove serve un sistema capace di "imparare" e ridefinire il proprio funzionamento ogni volta che il contesto lo richiede.)

Reti neurali artificiali e algoritmi evolutivi e adattativi sono, come abbiamo in parte già visto, realtà attuali in moltissimi ambiti:

- Ottimizzazione di problemi ingegneristici (layout, strutture, reti di trasporto).
- Ricerca operativa e pianificazione (es. pianificazione della produzione, *routing*).
- Robotica (adattamento dei robot a nuovi ambienti o compiti).
- Bioinformatica (analisi di sequenze genetiche, ricostruzione evolutiva).
- Finanza (ottimizzazione di portafogli, previsione di trend di mercato).
- Intelligenza artificiale (apprendimento, ottimizzazione, generazione di strategie).

Offrono ovviamente straordinari vantaggi, superando ampiamente le *performances* fornite da applicazioni, diciamo così, *manuali*, nella capacità di trovare buone soluzioni anche in problemi molto complessi e non lineari, nella flessibilità e adattabilità a diversi tipi di problemi. L'IA,