

Alberto Marini

Associato CNR Istituto per le Applicazioni della Matematica e le Tecnologie Informatiche, Milano
[Alberto Marini home page](#) Email: alberto (dot) marini (dot) mi39 (at) gmail (dot) com

Sviluppo dell'Intelligenza artificiale:
Influenze positive e negative

Testo proiettato il 2023-11-25 per la presentazione nel Teatro Comunale di Treviglio (BG)

Sezioni

- [1:](#)
- [2: Confluenza di esigenze e di attività del passato](#)
- [3: Prima crescita dei computers](#)
- [4: Ampliamento della crescita dei computers](#)
- [5: Arriva l'Intelligenza Artificiale](#)
- [6: Microprocessori, PC e Internet](#)
- [7: Rinascita dell'interesse per AI](#)
- [8: WWW e diffusione dell'ICT nella società](#)
- [9: Smart phones e diffusa interoperabilità](#)
- [10: Soluzione di problemi mediante ottimizzazione](#)
- [11: Secondo inverno e nuove idee](#)
- [12: Rete globale, smart phones e giganti del Web](#)
- [13: Prevalenza dei dati](#)
- [14: Machine learning e deep learning](#)
- [15: Supporto alla biologia, elaborazione di linguaggi naturali, chatbot](#)
- [16: I nuovi scenari](#)
- [17: Cambiamenti nel mondo del lavoro](#)
- [18: L'importanza dei giochi](#)
- [19: Quale metaverso](#)
- [20: Aspettative su GPT e insegnamento](#)
- [21: Aspettative del calcolo quantistico](#)
- [22: Le prospettive più recenti](#)
- [23: Raccomandazioni per il domani](#)
- [24: Letture consigliabili](#)

..1..

L'Intelligenza Artificiale è un tema che oggi si sta imponendo molto rapidamente e che viene largamente discusso. Sicuramente riguarda un insieme di conoscenze e di attività molto articolato, variegato e complesso che sta promettendo/minacciando di influire profondamente su vari aspetti della nostra vita.

Qui cerco di presentare gli aspetti più salienti del suo sviluppo e dei molteplici rapporti di influenza, spesso reciproca, con tante aree di attività e di studio, pensando che la passata evoluzione contribuisca a rendere più comprensibili e affrontabili i cambiamenti che sicuramente si dovranno affrontare in futuro. In particolare si possono prevedere importanti cambiamenti nelle scienze dure, nell'ingegneria e nell'industria, nella cura della salute, nell'economia e nella stessa antropologia.

Un filo di questi discorso si può vedere in questa serie di termini: %%??

Problemi, algoritmi, matematica, scienze dure, evoluzione degli strumenti, successi consolidati, rischi per persone e società, come accostare le prevedibili prospettive.

..2.. Confluenza di esigenze e di attività del passato

Il punto di vista primario è la necessità di affrontare e risolvere problemi. Da sempre gli individui e le collettività devono affrontare problemi e cercare qualche loro soluzione. Per questo si mettono a punto strumenti sempre più elaborati: i primi sono stati strumenti materiali (fuoco, ruota, aratro, natanti, armi, macchine, ...); poi si sono definiti strumenti non materiali (linguaggi, matematica, logica, metodi di calcolo, conoscenze scientifiche che cercano di essere esatte, studio dei comportamenti, dell'economia e delle psicologie. Alcuni filosofi e pensatori hanno cercato soluzioni sistematiche e generali. Ad esempio Aristotele ha fondato la logica, strumento per i ragionamenti). Si sono imposti i matematici, come Euclide e Archimede, che hanno ottenuto risultati che hanno influenzato la rinascita scientifica sviluppatasi dopo il 1500 (Bacone, Galileo, Huygens, Newton). In questo periodo è sentita la necessità di progettare e costruire delle calcolatrici numeriche (Schikard, Pascal, Leibniz). Seguendo Ramon Llull e Giordano Bruno, Thomas Hobbes propone una macchina pensante. Si sviluppa la polemica fra dualisti da una parte (Cartesio vede contrapposte la materia e la mente) e fisicalisti ed empiristi dall'altra. Con la rivoluzione industriale della macchina a vapore si giunge a prospettare macchine da calcolo sofisticate programmabili (Babbage, Ada Lovelace), si studiano termodinamica e meccanica statistica (Maxwell, Gibbs, Boltzman). Vengono studiati e applicati i sistemi elettromagnetici (Maxwell, Hertz, Marconi, Tesla). All'inizio del 1900 per capire il mondo si rende necessario approfondire i sistemi microscopici e i macroscopici. Le due teorie della relatività (Einstein) e la meccanica quantistica (Bohr, Heisenberg, Schrödinger, Dirac) aprono nuovi orizzonti scientifici e prospettano strumenti di indagine e di produzione sempre più avanzati (Pauling, Feynman). Purtroppo accade che forti progressi sono collegati alle esigenze della guerra (primi computers, bombe A e H). Con queste innovazioni diventano evidenti i grandi rischi e le grandi opportunità che accompagnano le innovazioni che arrivano con il futuro prossimo.

..3.. Prima crescita dei computers

Dagli anni della seconda guerra mondiale a oggi stiamo assistendo ai **progressi dell'elettronica e dell'informatica**, fenomeno vistoso in termini di strumenti e potenza di calcolo disponibili, di conoscenze utilizzabili, di diffusione e di influenza sociale e culturale.

Confrontando il computer che nel 1969 ha guidato Apollo 11 sulla Luna e uno smart phone comune un paio di anni fa, si è constatato che i dispositivi di memoria erano cresciuti di un fattore 1-7 milioni, che le velocità di calcolo erano aumentate di circa 60 000 volte, che il costo delle componenti è diminuito di un fattore 100 milioni e che la diffusione è almeno un milione di volte maggiore.

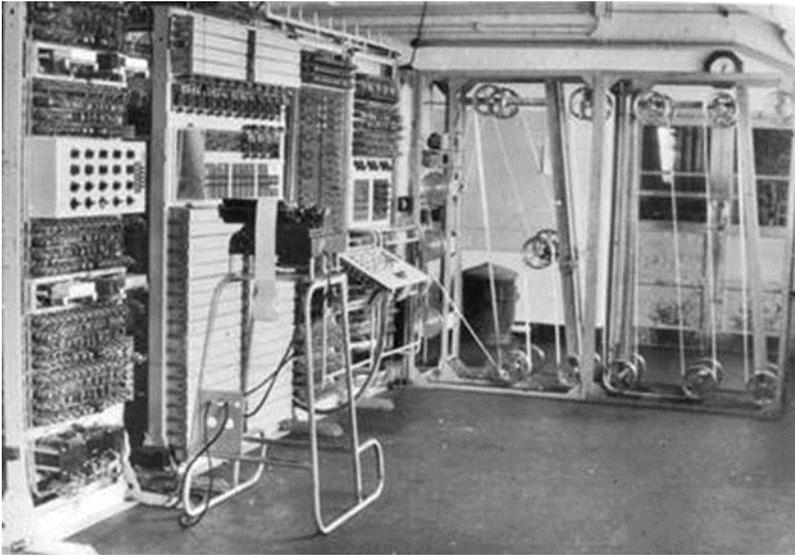
Questi aumenti nel corso di mezzo secolo hanno consentito una grande crescita della usabilità delle tecnologie della informazione e della comunicazione (ICT) e hanno consentito di affrontare con successo una ampia varietà di problemi, anche problemi afferenti a discipline che solo da pochi anni si stanno dotando di metodi, di procedimenti e di strumenti quantitativo-strutturali. %% figura

Oggi gli uomini possono risolvere molti più problemi, con molti più dati disponibili, con maggiore profondità e con molto minore fatica.

Vediamo a grandi linee le tappe della crescita dei computers e della relativa industria.

Dopo le calcolatrici elettromeccaniche ed elettroniche, tra il 1945 e gli ultimi anni 1950 sono stati

costruiti computers in pochi esemplari basati su circuiti a **valvole termoioniche** e memorie a tamburo



Intorno al 1955 si sono adottati circuiti operativi a **transistors** e memorie su **nuclei di ferrite**, molto più piccoli, più veloci, meno energivori e di maggiore durata. Con questi elaboratori attribuiti a una **seconda generazione** si sono avuti i primi modelli diffusi in molti esemplari e con la possibilità di essere usati con **linguaggi di programmazione** di livello medio-alto (Fortran e COBOL) abbastanza indipendenti dall'hardware.

Sono andate aumentando le unità periferiche anch'esse controllate da transistors: nastri e dischi magnetici, telescriventi che hanno consentito anche l'utilizzo a distanza e tramite le prime reti.



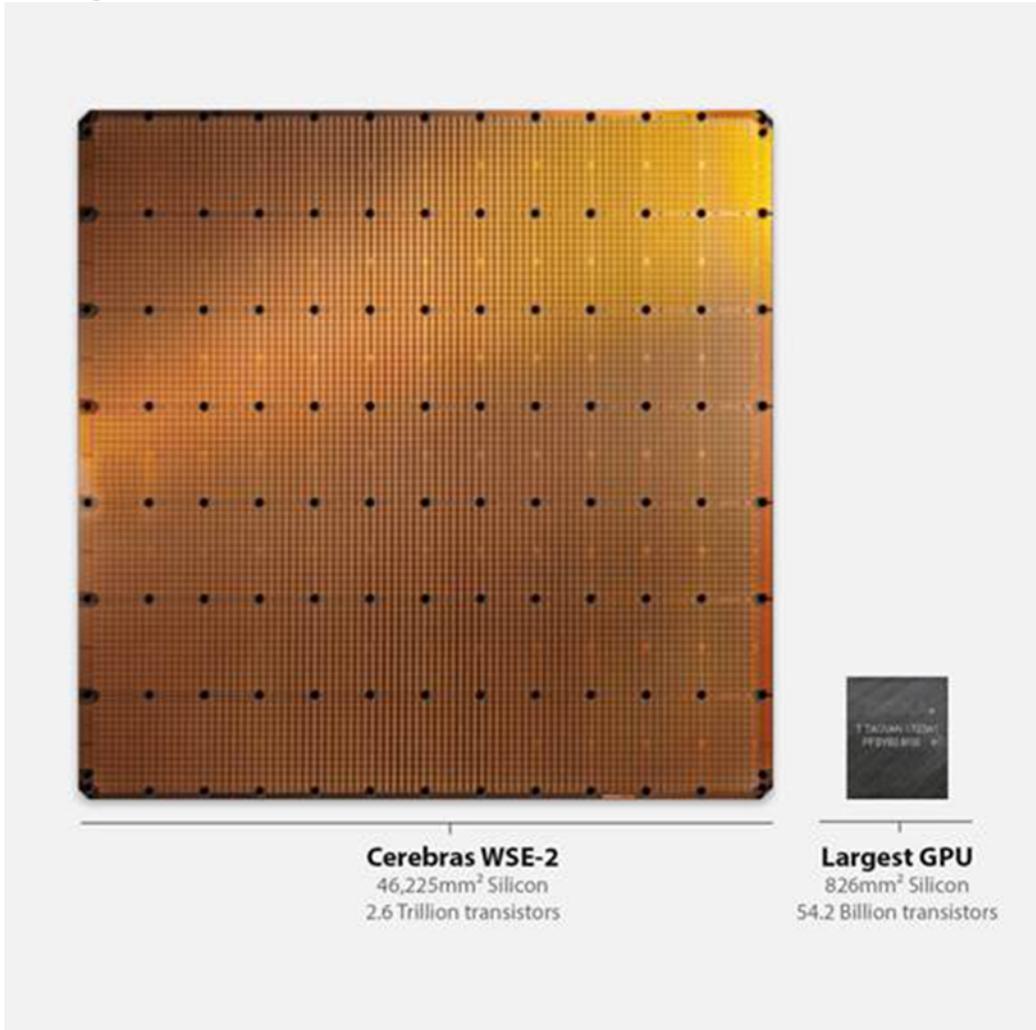
È nata una nuova industria,

All'inizio degli anni 1960 si sono adottati i primi **circuiti integrati** prima su germanio e poi su silicio e sono stati prodotti i primi supercomputers in grado di affrontare calcoli tecnico scientifici sempre più impegnativi; inoltre sono stati utilizzati come memorie i transistors **MOSFET**, metal-oxide semiconductor field-effect transistor.

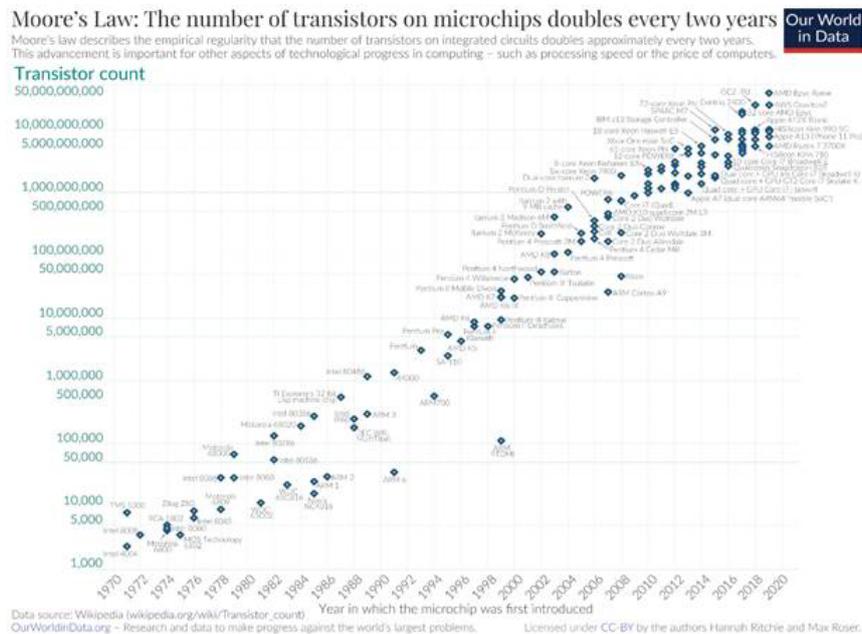
..4.. Diffusione dei computers

Alla fine degli anni 1960 sono comparsi i primi computers attribuiti alla **terza generazione** basati su componenti digitali resi possibili dalla rapida crescita della densità di transistors sui chips in accordo con la legge di Moore. Questa legge empirica dice che ogni paio d'anni si riesce a raddoppiare la densità dei circuiti su un chip o su un circuito integrato; essa per decenni ha

costituito una sorta di stella polare per la previsione delle continua elevata crescita delle prestazioni complessive dei dispositivi digitali, per la concezione di progetti di lungo termine e, fino a un certo punto, dei conseguenti cambiamenti della società.



Legge di Moore



Riduzione delle dimensioni dei dispositivi su semiconduttori

Negli anni 1970 si sono imposti i **microprocessori**, dispositivi che includono CPU, memoria RAM e ROM e logica per le operazioni di I/O.

I microprocessori hanno indotto a parlare di computers di una **quarta generazione**, manifestatasi con la produzione dei minicomputers e poco dopo dei personal computers (il primo Olivetti P6060, dotato di floppy discs, stampante, display per 32 caratteri e linguaggio BASIC).

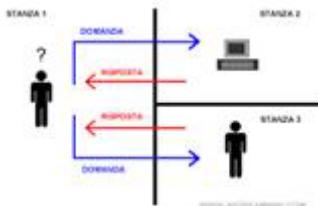
Questo ha dato il via ad una vasta diffusione delle attività informatiche e della relativa cultura; inoltre ha motivato lo sviluppo di **Internet** da parte dell'agenzia DARPA della Difesa USA e la sua disponibilità pubblica. Questo ha avviato un progressivo ampliamento del settore economico dell'informatica che fino a quel momento si era rivolta soprattutto alla amministrazione aziendale che dal 1955 era stata quasi monopolizzata dalla IBM.

..5.. Arriva l'Intelligenza Artificiale

La prospettiva dell'Intelligenza artificiale nasce insieme ai primi computers negli anni 1940 per opera di personalità lungimiranti (Wiener, [Turing](#), McCulloch con Pits, Shannon, Minsky, McCarthy, Chomsky) che si interrogano sulle possibilità degli elaboratori digitali, oltre alle riconosciute loro capacità di eseguire velocemente calcoli numerico-booleani e di manipolare deterministicamente grandi quantità di dati.

In questo periodo pionieristico incontriamo:

le lucide considerazioni di Turing che sposta il problema dell'essenza della intelligenza sulla problematica del distinguere fra le risposte di un umano e quelle di una macchina (test di Turing);



la costruzione di Minsky di SNARC, la prima macchina con reti neurali;

il programma di Strachey capace di giocare a Dama;

la costruzione da parte di Newell e Simon di "Logic Theorist", programma in grado di dimostrare alcuni dei teoremi enunciati nel testo "Principia Mathematica" di Russell e Whitehead.

Nel 1956 presso il Dartmouth College si è svolto un seminario con la partecipazione di Shannon, Minsky, McCarthy e altri pionieri dal quale sono usciti il nome Artificial Intelligence e la definizione del suo obiettivo, la produzione di strumenti e procedimenti in grado di svolgere compiti che in precedenza avevano richiesto l'intelligenza umana.

Negli anni successivi sono stati ottenuti sensibili successi nei settori dei calcoli matematici simbolici (integrali), delle dimostrazioni di teoremi, nei giochi a informazione completa come dama e scacchi, nel controllo di frasi della lingua inglese e nello sviluppo di tecniche formali derivate dalla logica per l'esecuzione di procedimenti deduttivi.

Si è allora diffuso un clima di ottimismo e dai cultori dell'AI sono stati promessi rapidi progressi

che in USA e UK hanno ottenuto rilevanti finanziamenti.

Molte promesse però implicavano elaborazioni inferenzialmente definite, ma su casistiche tanto estese da comportare tempi di calcolo enormi (esplosione combinatoria dell'insieme dei casi da analizzare) che erano stati ingenuamente sottovalutati.

Alla fine degli anni 1960 Minsky e Papert hanno sostenuto l'opportunità di concentrarsi su situazioni semplici e tendenzialmente artificiali a imitazione dei modelli semplificati sui quali si è basata la fisica. Questo atteggiamento ha portato ai primi successi nella visione artificiale, ai primi bracci robotici e al sistema robotico SHRDLU di Winograd in grado di eseguire ordini impartiti in inglese.

In quegli anni sono stati delineati un programma **AI debole**, più realistico, volto al conseguimento di risultati che rispondono ad esigenze concrete circoscritte e un programma **AI forte** più ambizioso e ottimista che sostiene l'opportunità di concentrare gli sforzi su obiettivi il cui conseguimento possa aprire la strada a successi di ampia portata, superiori ai risultati specifici.

Nel 1958 lo psicologo Frank Rosenblatt ha ripreso il metodo delle reti neurali e del connessionismo di McCulloch e Pitts costruendo **Perceptron**, macchina per l'analisi di fotografie di persone e di soggetti analoghi. Questa macchina ha dato risultati solo in parte attendibili, ma ha dimostrato di essere in grado di migliorarsi tenendo conto dei risultati precedenti. Tuttavia il libro "Perceptron" di Minsky e Papert ha evidenziato le limitazioni delle macchine di questo genere provocando un lungo abbandono delle ricerche sul connessionismo.

Le previsioni esagerate fatte intorno al 1960 non hanno portato ai risultati promessi, in particolare quelli sulla traduzione automatica e sul controllo di macchine militari, e questo ha provocato il taglio dei finanziamenti all'area AI in UK e USA intorno al 1973, ha portato alla riduzione delle attività, per la quale si è parlato di un primo "AI winter", e a un sensibile discredito dell'intero movimento.

..6.. Microprocessori, PC e Internet

Alla fine degli anni 1960 sono comparsi i primi computers attribuiti alla **quarta generazione** corrispondente alla rapida crescita della densità di transistori sui microchips. Negli anni 1970 si sono imposti i **microprocessori**, dispositivi che includono CPU, memoria RAM e ROM e logica per le operazioni di I/O.

Questi dispositivi hanno condotto a parlare di macchine di una **quarta generazione**, manifestatasi con la produzione dei minicomputers e poco dopo dei **personal computers** (il primo Olivetti P6060, dotato di

Negli anni 1980 hanno cominciato ad imporsi computers disponibili in piccoli ambienti di lavoro e alle persone per attività professionali e per videogiochi.

Dopo un primo periodo di personal computers molto diversificati (con elevata popolarità solo di Apple II, di Commodore e di Atari), si è imposto come standard de facto il PC prodotto da IBM dotato di sistema operativo DOS di Microsoft e di una crescente massa di programmi applicativi.

Negli anni 1990 i progressi dell'elettronica digitale di base ha rese disponibili le workstations, macchine compatte molto potenti usate per calcoli tecnico scientifici molto impegnativi anche in piccoli laboratori; esse in particolare hanno raggiunto grandi prestazioni grafiche e questo ha fatto crescere il mercato delle console specializzate per video giochi, apparecchiature per le quali sono state rese disponibili prestazioni elevate e innovative innovative.

Questo ha dato il via a una spettacolare diffusione delle attività informatiche e della corrispondente cultura. A questo ha contribuito in misura rilevante lo sviluppo di **Internet**, la rete delle reti,

sostenuto inizialmente dall'agenzia DARPA della Difesa USA e dalla sua successiva disponibilità pubblica. Questi avvenimenti hanno portato alla riduzione dell'importanza della IBM, la compagnia che dal 1955 aveva quasi monopolizzato il mercato dei computers.

Negli anni 1980 hanno potuto permettersi computers anche piccoli ambienti di lavoro, professionisti e appassionati di videogiochi.

Negli anni 1990 la crescita dell'elettronica digitale ha rese disponibili le workstations, macchine compatte molto potenti usate per calcoli tecnico scientifici molto impegnativi anche in piccoli studi con compiti impegnativi; esse in particolare hanno raggiunto grandi prestazioni grafiche e queste a loro volta hanno fatto crescere il livello delle consoles specializzate per video giochi, apparecchiature per le quali si sono state introdotte varie soluzioni molto innovative (grafica di alto livello, elaborazioni simboliche).

..7.. Rinascita dell'interesse per AI

Un secondo periodo di sviluppo della AI è stato propiziato da tre eventi.

Nel 1972-73 gli studi sulla **complessità computazionale**, dovuti in particolare a Cook e Karp, hanno portato a una visione matura dello sviluppo degli algoritmi, settore che da allora ha continuato a crescere robustamente.

Nei primi anni 1970 gli ambienti industriali e ministeriali giapponesi hanno deciso di investire sulla robotica e su altre prospettive della AI per sostenere l'industria manifatturiera ottenendo alcune interessanti realizzazioni.

Negli anni 1970 è cresciuta rapidamente la aspettativa di crescita dell'elettronica digitale e la conferma della legge di Moore, sono state evidenti le capacità e la versatilità dei minicomputers e PC e la maggiore fiducia dell'establishment e dell'opinione pubblica verso iniziative da basare sull'informatica.

Questa maggiore disponibilità verso iniziative digitali di ambienti produttivi, amministrativi e accademici è stata ulteriormente rafforzata dall'inizio della diffusione dell'uso delle reti di computers (Internet).

La prospettiva di una forte continua crescita della ICT, della tecnologia della informazione e della comunicazione ha attratto interessi economici, industriali e scientifici verso i progetti basati sulle tecnologie innovative digitali e in particolare verso l'area AI.

In quegli anni si sono affermati i **sistemi esperti**, sistemi software in grado di risolvere problemi in domini di conoscenze circoscritti servendosi di regole di scelta suggerite da persone competenti. Agli ambienti industriali e della ricerca si sono resi disponibili processori, workstations e mainframes di elevata potenza che hanno resi realizzabili progetti di ricerca e sviluppo impegnativi e con risultati prima impensabili.

Questo ha avviato attività di ricerca, modellizzazione e sviluppo più ambiziosi e innovativi ed a ricerche metodologiche più accurate, in particolare nell'uso di modelli e metodi statistici.

Ad esempio gli ambienti medici che nei primi anni 1970 avevano accolto scarsamente i primi sistemi esperti per la cura della salute, constatate le capacità degli strumenti informatici, hanno cominciato ad accettarli e ad adottarli nella diagnostica, per migliorare le attività cliniche e per avviare una visione globale dei problemi sanitari e della loro comunicazione.

L'ottenimento di crescenti successi, in particolare nella robotica industriale e ha consentito di lasciare alle spalle il primo AI winter.

Hanno avuto un notevole successo caratterizzato da chiari vantaggi economici i sistemi per la produzione e l'assemblaggio di prodotti industriali attraverso l'AI seguito dalla conseguente nascita di un nuovo comparto industriale.

..8.. WWW e diffusione della ICT nella società

L'innovazione più ricca di conseguenze degli anni 1990 ha riguardato il WWW, il **World Wide Web**, sistema per la comunicazione che ha cominciato ad attrarre milioni di persone in modo da diventare la Rete globale, in breve il Web.

Il WWW è stato messo a punto dal 1989 da Tim Berners-Lee presso il CERN, nel 1993 è stato reso liberamente disponibile insieme al **linguaggio HTML** è stato utilizzabile da vari **browsers** ed è stato adottato dalle maggiori compagnie, informatiche e non, e da un gran numero di istituzioni, in particolare tra 1995 e 1997.

Da allora, soprattutto dal 2000 il Web e i relativi strumenti hanno avuto una continua e rapida crescita sui piani tecnico, della adozione di massa e dell'influenza economica e culturale.

Con il WWW è cresciuta la concreta **interoperabilità dei sistemi** con la conseguenza della crescita di collaborazioni a distanza in molti settori scientifici, industriali, medici, commerciali, finanziari e delle associazioni; inoltre ha dato un forte contributo alla vistosa crescita della globalizzazione dei mercati.

La crescita di comunicabilità a distanza e della interattività, oltre a quella della interoperabilità tra persone e organizzazioni ha ricevuto un ulteriore impulso a partire dal 2007 con l'inizio della diffusione dei **telefoni cellulari** affiancata dalla crescita delle comunicazioni a distanza consentita dalla messa in orbita a bassa quota di intere **costellazioni di satelliti artificiali** e dalla posa di cavi per le trasmissioni in fibra ottica (anche transoceanici).

Si è quindi arrivati ad una attuale disponibilità di circa 5 miliardi di accessi al WWW e di telefoni smart con elevate capacità e varietà di informazione e di elaborazione. La disponibilità di sistemi per la comunicazione di grande efficienza e versatilità ha portato alla possibilità di condividere facilmente informazioni e idee, a vari vantaggi economici e, forse soprattutto, alla drastica **abbreviazione dei tempi richiesti dalle innovazioni**.

Sul fronte dell'hardware sono proseguiti i rilevanti progressi: sono stati resi disponibili sistemi multiprocessori capaci di grandi quantità di calcoli paralleli; vengono costruite server farms, e processor clusters costituiti da milioni o miliardi di unità computazionali con potenze di calcolo largamente superiori alle precedenti, potenze che vengono erogate a utenti remoti collegati tramite linee ad alta velocità di trasmissione. Queste apparecchiature insieme al relativo software consentono la nascita di sistemi applicativi che agiscono con ricadute globali.

Si è sviluppato il **cloud computing** con server farms in grado di fornire a utenti remoti un ampio spettro di servizi che, oltre a elevata potenza di calcolo, può comprendere prestazioni interattive con risposte praticamente immediate, gestione efficienti di grandi quantità di dati (**big data**), assistenza software e amministrativa, aggiornamento della strumentazione, e spesso la consulenza alla progettazione.

..9.. Smart phones e diffusa interoperabilità

Lo sviluppo più ricco di conseguenze di quegli anni ha riguardato il WWW, il **World Wide Web** o Rete globale, detto anche semplicemente **Web**.

Messo a punto dal 1989 da Tim Berners-Lee presso il CERN, reso liberamente disponibile nel 1993

il **linguaggio HTML** con i relativi **browsers** sono stati adottati dalle maggiori compagnie, informatiche e non, e da un gran numero di istituzioni tra 1995 e 1997.

Da allora il Web e i relativi strumenti hanno avuto una continua e rapida crescita sui piani tecnico, della adozione di massa e dell'influenza economica e culturale.

Con il WWW è cresciuta la concreta **interoperabilità dei sistemi** con la conseguenza della crescita di collaborazioni a distanza in molti settori scientifici, industriali, medici, commerciali e finanziari; ha inoltre contribuito alla vistosa crescita della globalizzazione dei mercati.

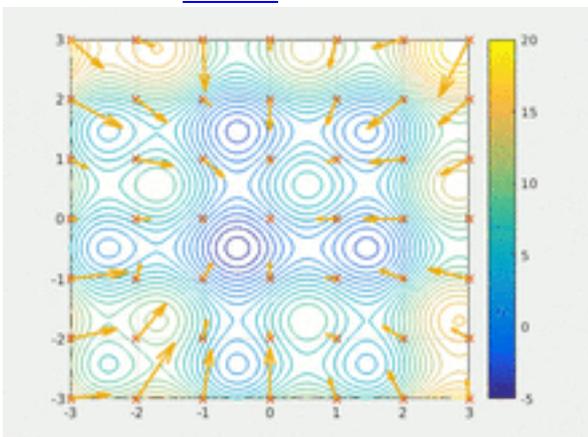
La crescita della interattività e della interoperabilità per persone e organizzazioni ha ricevuto un ulteriore impulso a partire dal 2007 con la disponibilità dei **telefoni cellulari** e satellitari, con la messa in orbita a bassa quota di intere costellazioni di satelliti artificiali e con la posa di cavi per le trasmissioni in fibra ottica (anche sottomarini).

Si è quindi arrivati ad una attuale disponibilità di circa 5 miliardi di accessi al WWW e di telefoni smart con elevate capacità e varietà elaborative. La disponibilità di sistemi per la comunicazione di grande efficienza e versatilità ha portato il grande vantaggio della drastica **abbreviazione dei tempi richiesti dalle innovazioni**.

Dal lato dell'hardware sono proseguiti i rilevanti progressi: sono resi disponibili sistemi multiprocessori capaci di grandi quantità di calcoli paralleli; vengono costruite server farms, e processor clusters costituiti da milioni di unità computazionali con potenze di calcolo ben superiori alle precedenti, potenze che vengono erogate a utenti remoti collegati tramite linee ad alta velocità di trasmissione. Queste apparecchiature con il relativo software consentono la nascita di sistemi applicativi con ricadute di portata anche globale.

Si è sviluppato il **cloud computing** con server farms in grado di fornire a utenti remoti un ampio spettro di servizi che, oltre a elevata potenza di calcolo, può comprendere prestazioni interattive con risposte immediate, gestione di grandi quantità di dati (big data), assistenza software e amministrativa, aggiornamento della strumentazione, fino alla consulenza alla progettazione.

Negli ultimi anni sono stati sviluppati complessi circuiti integrati utilizzati da centri di supercalcolo e con alte prestazioni specialistiche in particolare riguardanti la grafica professionale, i video games (GPU di Nvidia e TPU di Google) e l'implementazione di reti neurali per il deep learning (TPU e recentemente [WSE-2](#) di Cerebras con $2.6 \cdot 10^{12}$ transistors).



..10.. Soluzione di problemi mediante ottimizzazione

Intorno al 1980 la ricerca in AI ha dato sempre maggiore importanza alla gestione delle conoscenze riconosciute come fattori essenziali per il successo di molte procedure avanzate e questo ha portato al costituirsi dell'ingegneria della conoscenza.

Nel 1981 il governo giapponese ha varato il progetto Fifth Generation con obiettivi ambiziosi come sistemi per sostenere conversazioni, per eseguire traduzioni automatiche e per interpretare immagini. Questo ha indotto i governi USA e UK ad aumentare gli investimenti a favore della AI

Sono migliorate sensibilmente le procedure per la deduzione automatica grazie alla maggiore versatilità delle sperimentazioni implementabili con il linguaggio di programmazione logica Prolog basato sulla logica del primo ordine dovuto a Kowalski e Colmerauer.

In questo periodo hanno assunto importanza due generi di soluzioni di problemi corrispondenti a due generi di schematizzazioni matematiche. La distinzione di casi favorevoli da casi sfavorevoli è stata vista come cambiamento di riferimento per i casi stessi.

La soluzione di un problema è stata considerata come la ricerca dei parametri che rendono minima (massima) una funzione di costo (di convenienza) che dipende da molte variabili; questa ricerca viene effettuata principalmente come discesa (salita) più rapida di una superficie attraverso il suo gradiente, con prosecuzione dei metodi classici di ottimizzazione.

Negli anni 1980, quasi in contrapposizione alla AI simbolica rivolta alla inferenza automatica, per opera di Hinton e Rumelhart sono ripresi gli studi sul connessionismo con la proposta di reti neurali a molti strati dimostrate efficienti nell'apprendere come migliorare il proprio comportamento; queste hanno contribuito al successo del riconoscimento dei caratteri scritti (OCR) e del riconoscimento del parlato.

Queste applicazioni tuttavia richiedevano massicce elaborazioni e avrebbero dovuto aspettare la disponibilità di strumenti computazionali molto più efficienti per imporsi in estesi settori applicativi.

..11.. Secondo inverno e nuove idee

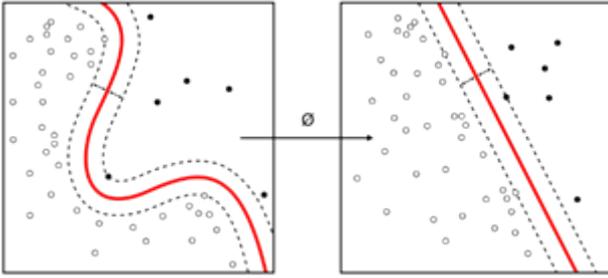
I successi ottenuti nei primi anni 1980 hanno portato a entusiasmi che poco dopo, anche per la constatazione che molti obiettivi della Fifth Generation giapponese erano mancati, si sono ritorti in una bolla speculativa e a un **secondo AI winter** durato all'incirca dal 1987 al 1993, ma con una più prolungata cattiva fama della AI considerata da molti una prospettiva di sognatori inconcludenti.

In questo periodo si sono sviluppate serie analisi critiche dei metodi dell'AI che hanno condotto a strategie nuove soprattutto nei confronti della imitazione dei comportamenti umani.

Si è imposto l'atteggiamento volto alla costruzione di **agenti AI dotati di un corpo** in grado di percepire l'esterno, di muoversi e di agire materialmente in seguito al riconoscimento che le capacità sensomotorie e le prestazioni intuitive degli agenti fossero da approfondire non meno dei ragionamenti deduttivi.

Inoltre negli anni 1990 si è iniziato a immettere negli studi di AI idee dell'economia e della teoria

delle decisioni (Giudea Pearl) e lo sviluppo sistematico di **metodi probabilistici**.



In quegli anni si erano invece consolidati i sistemi per giocare giochi impegnativi fino ad arrivare nel 1997 alla vittoria del sistema Deep Blue della IBM sul campione internazionale degli scacchi Kasparov, fatto che ha avuto ampia risonanza. A questo proposito va anche segnalato che la velocità di Deep Blue era 10 milioni di volte superiore a quella della prima macchina giocatrice di scacchi disponibile nel 1951.

..12.. Rete globale, smart phones e giganti del Web

Negli anni 1990 un evento della massima importanza è stato lo sviluppo del **World Wide Web** (Tim Berners Lee), la sua libera disponibilità dal 1993, la sua adozione da parte delle maggiori compagnie e istituzioni intorno al 1997 e l'inizio della sua diffusione inarrestabile in tutti gli ambienti con accesso alle tecnologie digitali intorno al 1999.

La disponibilità del WWW ha portato alla crescita delle collaborazioni produttive, gestionali e culturali, ha supportato la globalizzazione dei commerci e delle produzioni ha fatto crescere la circolazione delle conoscenze e dei progetti e ha portato a un clima più favorevole alle innovazioni, particolarmente a quelle riguardanti direttamente ICT ed AI.

Questo genere di crescita è stato ulteriormente rafforzato dalla disponibilità dal 2007 degli **smart phones** e dalla loro rapida diffusione e integrazione con internet. Oggi sono disponibili circa 5 miliardi di connessioni a Internet e di telefoni cellulari, sono ampie le possibilità di comunicazione a distanza, grazie soprattutto ai cavi di fibre ottiche e alle costellazioni di molte migliaia di satelliti su basse orbite; sono quindi numerose e diversificate le attività basate sulla interoperabilità multinazionale.

Un importante fenomeno è costituito dalla crescita di grandi imprese dedicate allo sviluppo di tecnologie ICT e AI per attività fortemente innovative che nell'innovazione investono elevate percentuali dei loro ricavi (enormi).

Si tratta in particolare di MicroSoft, Apple, Facebook (Meta), Google (Alphabet) e Amazon dagli USA; di Sony dal Giappone; di Samsung dalla Corea del Sud; di Baidoo, Tancent e Alibaba dalla Cina.

Queste compagnie, talora chiamate **giganti del Web** o **giganti digitali**, sviluppano iniziative di portata tendenzialmente globale e hanno una grande capacità di influire anche sulla cultura, ad esempio tramite canali di streaming che gestiscono come produttori di intrattenimento.

In questo nuovo quadro globale, al quale vanno aggiunti i continui progressi dell'elettronica giunta allo stadio della **nanoelettronica**, ossia dei dispositivi nei quali si incontrano le distanze interatomiche, sul miliardesimo di mm, la AI ha trovato nuovi appoggi finanziari, nuovi stimoli e nuovi sbocchi; inoltre le recenti iniziative AI esercitano forti attrattive per i giovani talenti, molto

preziosi a causa della carenza degli studiosi richiesti dai progetti avanzati. Va segnalato che si ritiene che la recente crescita delle tecnologie e in particolare della AI viene rallentata soprattutto dalla mancanza di persone competenti. Questo purtroppo vale particolarmente per l'Italia.

..13.. Prevalenza dei dati

L'enorme circolazione delle informazioni consentita da Internet e dalla telefonia mobile multifunzionale, oltre all'inizio della IoT, della rete Internet delle cose, ha portato a una disponibilità di dati utilizzabili per molteplici scopi mai neppure pensabile fino agli anni 1990.

È quindi cresciuta la cosiddetta scienza dei dati che si rivolge soprattutto ai dati ricavati dai processi digitali. Per la gestione dei grandi volumi di dati si sono sviluppate tecniche specifiche che costituiscono il mondo dei cosiddetti **Big Data**.

Attualmente i dati costituiscono fattori determinanti per molte decisioni e per gran parte delle nuove iniziative.

Tra i loro campi applicativi vanno citati: registrazioni governative per scopi civili e statistici; applicazioni finanziarie per operazioni commerciali, per decidere investimenti, per operazioni assicurative e per la gestione dei rischi; attività per la cura della salute attraverso la gestione delle cartelle cliniche digitali, per la diagnosi assistita da computer e per la ricerca esplorativa in biomedicina.

La tecnologia dei big data è essenziale per la conduzione delle iniziative scientifiche più impegnative.

A questo proposito ricordiamo:

- il contenimento dell'impatto della pandemia del COVID-19;
- la raccolta di dati astronomici della Sloan Digital Sky Survey;
- la raccolta di dati per la simulazione del clima da parte della NASA;
- il recente lancio della sonda per la raccolta dati sulla materia oscura;
- il sequenziamento del genoma umano e varie raccolte di dati biologici;
- gli esperimenti condotti presso il Large Hadron Collider del CERN;
- le attività delle grandi aziende tecnologiche (Amazon, eBay, Facebook e Google) e delle grandi organizzazioni commerciali, in particolare le attività per la gestione delle carte di credito;
- le molteplici attività di alcuni stati, soprattutto Cina, India, USA, UK e Israele, vanno dal controllo di opinioni e comportamenti, alla gestione della cura della salute, dalle competizioni elettorali, al controllo della fruizione di farmaci e droghe da parte della popolazione.

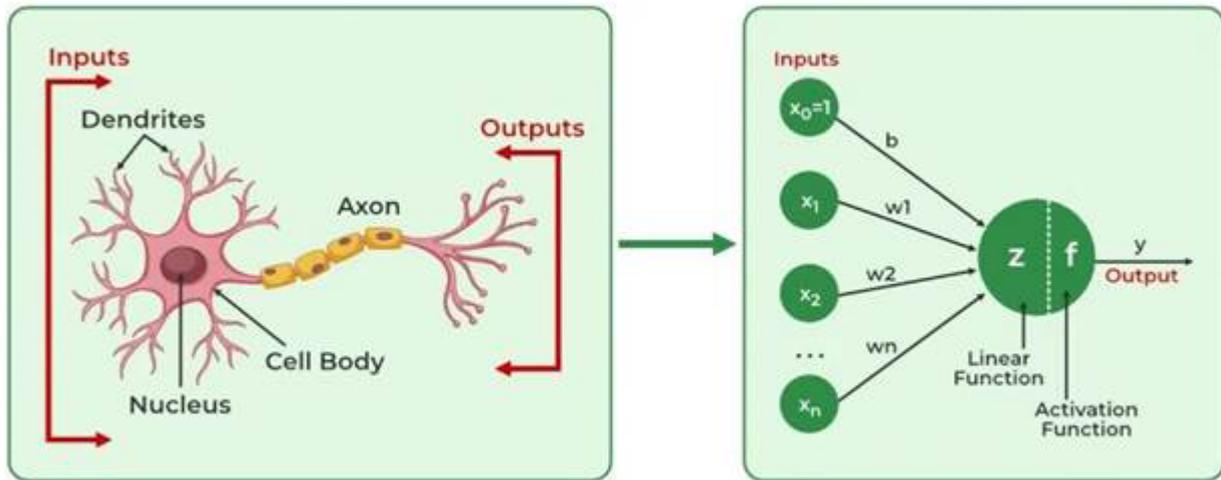
..14.. Machine learning e deep learning

I progressi più influenti degli anni più recenti riguardano l'apprendimento automatico, il **machine learning** e più in particolare il cosiddetto **deep learning**, l'apprendimento profondo.

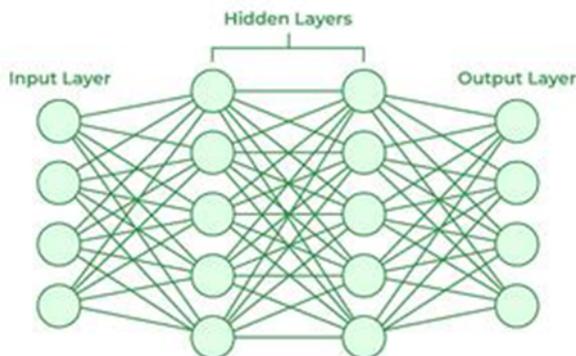
Questo è il genere di procedimento che modella la comprensione dei dati ad un alto livello di astrazione servendosi di reti neurali ispirate dalle reti neurali biologiche e espresse da digrafi costituiti da grandi quantità di nodi (milioni e miliardi distribuiti per la loro elaborazione in numerosi strati).

Modello di neurone e schema di rete neurale a 2 strati nascosti

Artificial neural networks



Neural Networks Architecture



Queste reti hanno il compito di approssimare funzioni continue di molti tipi, proprietà che sono state studiate matematicamente a partire dal 1989 dai cosiddetti teoremi di approssimazione universale. Questi segnalano che tutte le funzioni continue possono essere approssimate con reti poco profonde, ma la disponibilità di pochi strati presenta varie criticità, in particolare l'effetto dell'overfitting, ossia della difficoltà che una rete individuata a partire da un addestramento con un particolare set di dati possa adattarsi a dati di diversa provenienza o di altro genere e quindi possa effettuare buone previsioni.

In effetti le reti con più strati risultano in grado di individuare modelli più complessi e vanno considerate strumenti notevolmente versatili.

Gli studi articolati e complessi di queste reti neurali, in genere condotti servendosi di procedimenti empirici grazie alla prestanza di processori con velocità molto spinte e progettati per la analisi di specifici tipi di reti neurali, hanno portato a rilevanti risultati e a sistemi che in molti campi si dimostrano più efficienti e accurati degli operatori umani esperti.

I settori applicativi maggiormente interessati sono l'elaborazione del linguaggio naturale, la

traduzione automatica, i sistemi per rispondere a domande su vari argomenti (come il sistema Watson), i giochi a informazioni complete nei quali si possa migliorare lo stile di gioco (con la comprovata superiorità dei sistemi automatici nell'impegnativo gioco del Go) e varie attività scientifiche sperimentali:

- scoperta del bosone di Higgs,
- realizzazione della stazione spaziale James Webb,
- costruzione di radioosservatori astronomici,
- lancio e controllo coordinato di costellazioni di satelliti artificiali,
- missioni di sonde spaziali robotiche,
-

..15.. Supporto alla biologia, elaborazione di linguaggi naturali, chatbot

Un altro gruppo di progressi scientifici resi possibili, oltre che dagli avanzamenti del settore ICT, da strumenti e metodi della Intelligenza artificiale, riguardano le cosiddette scienze omiche (genomica, epigenomica, microbiomica, proteomica, metabolomica) e la medicina personalizzata, resa progettabile con serie prospettive dalle stesse scienze omiche, dalle conoscenze della biochimica quantistica e dalla disponibilità di strumenti di indagine avanzata, come i vari tipi di microscopi elettronici, gli spettrometri e i metodi di analisi chimica avanzata, tutti settori debitori verso l'AI di contributi strumentali e metodologici.

Una segnalazione particolare meritano i recenti progressi nella **traduzione automatica** e nella **elaborazione del linguaggio naturale** che hanno resa possibile la realizzazione dei cosiddetti **chatbots**, robots in grado di conversare con le persone, e la costruzione di automatismi generativi in grado di costruire testi e immagini a imitazione di quelli di produzione umana, basati sul riutilizzo delle conoscenze ricavate da enormi quantità di testi e di immagini usati per l'addestramento.

Sono stati sviluppati i primi esempi di modelli fondazionali costituiti di LLMs, ossia di large language models, e in particolare di GPTs, Generative Pretrained Transformers, che operano primariamente su testi, ma sanno anche analizzare e generare suoni e immagini.

Tra questi modelli vanno ricordati i GPT-n prodotti da OpenAI (influenzata da MicroSoft), i primi resi disponibili a un'ampia platea di sperimentatori nella forma di chatbots e in particolare il recente chatGPT-4; ad essi si sono aggiunti recentemente **Bard** di Google, **Claude** di Anthropic e Bing.

Vengono anche progettati e prodotti dei cosiddetti modelli fondazionali visuali e multifunzionali in grado di generare con versatilità immagini e animazioni a partire da descrizioni verbali dei prodotti richiesti. Questi modelli inoltre possono essere personalizzati con relativa facilità ed essere utilizzati per scopi definiti promettendo di diventare strumenti applicativi in grado di sostituire lavori intellettuali tradizionali.

Va segnalato che questi prodotti nel 2023 stanno suscitando numerosi dibattiti concernenti le opportunità che aprono e i rischi che fanno intravedere.

..16.. I nuovi scenari

Quanto più l'area AI diventa incisiva, pervasiva e influente, tanto più importante diventa la tematica sulle opportunità e i rischi che essa comporta.

L'AI contribuisce a salvare vite umane migliorando le diagnosi mediche, monitorando gli effetti dei trattamenti clinici, promuovendo la realizzazione di nuovi dispositivi e di nuove procedure cliniche, sostenendo nuove scoperte in biomedicina e contribuendo alla scoperta di nuovi prodotti

farmaceutici.

Essa ha la possibilità di migliorare le previsioni di eventi meteorologici estremi, di favorire la resistenza e la resilienza nei confronti di eventi catastrofici, di contribuire alla protezione dal degrado strisciante di interi ambienti naturali.

Le tecniche dell'apprendimento automatico sono in grado di sostenere le azioni a favore della giustizia, dei diritti umani, dello sviluppo economico equilibrato, della sanità pubblica e del risparmio energetico.

Le applicazioni dell'AI alla produzioni alimentari hanno sostenuto pratiche di alimentazione più sane e socialmente sostenibili e possono contribuire a contrastare la fame nel mondo.

I sistemi di automazione rafforzati da procedure AI consentono di evitare lavori pericolosi e permettono di spostare i lavoratori da operazioni ripetitive e alienanti ad attività di controllo di maggiore responsabilità.

Le persone disabili possono essere aiutate da dispositivi AI per problemi di vista, di udito, di mobilità e negli sforzi muscolari.

Il rapporto costi / benefici del software per i sistemi informativi progressivamente decrescente, apre la possibilità di accesso più equo e diffuso all'istruzione, alla formazione e all'aggiornamento delle competenze e alla disponibilità di servizi a livelli elevati.

..17.. Cambiamenti nel mondo del lavoro

Un fenomeno con la portata, l'intensità e l'invasività dell'AI non può non presentare anche di effetti negativi; non si può ignorare che tutte le tecnologie innovatrici, ad esempio l'adozione della macchina a vapore, hanno avuto **effetti collaterali negativi**. La telefonia globale ha consentito il marketing ossessivo via telefono; l'automazione crea ricchezza, ma da vari anni è accompagnata dall'aumento delle disuguaglianze economiche e sociali, anche nei paesi democratici tecnologicamente sviluppati.

L'AI ha contribuito a progettare, produrre e diffondere mine antiuomo dotate di sensibilità, armi a ingaggio automatico e droni autonomi.

Un rischio rilevante per le società che sperimentano le conseguenze poco previste delle nuove tecnologiche riguarda la **disoccupazione**. In questi anni assistiamo alla rescita delle produzioni e delle organizzazioni governate dall'AI e anche in questa situazione dobbiamo aspettarci effetti di obsolescenza o di drastico cambiamento di molti tipi di lavori effettuati dai cittadini.

Questa dinamica dei cambiamenti può comportare tensioni e traumi sociali: infatti il tempo che passa tra l'introduzione di una nuova tecnica produttiva e l'adattamento economico e sociale alla sua implementazione può essere lungo.

Sul futuro del lavoro quindi è prevedibile che prosegua vivace il dibattito tra tecnoottimisti e tecnopessimisti.

Il self, il senso di sé che possiede ogni individuo, viene influenzato in misura crescente dalle informazioni che lo toccano e le tecnologie digitali tendono a sovraccaricare di informazioni l'intera

società.

Molti studiosi prevedono il verificarsi nel giro di pochi decenni della cosiddetta **singolarità**, corrispondente al realizzarsi della cosiddetta **superintelligenza artificiale** in grado di superare l'intelligenza umana.

Su questa previsione i pareri sono discordi, ma è comunque necessario porsi seriamente il problema degli effetti sulla vita sociale e sulla politica delle macchine molto intelligenti che faranno parte di un futuro non lontano.

..18.. L'importanza dei giochi

Un settore industriale, commerciale e anche culturale che ha assunto grande rilievo è quello dei **giochi elettronici**, mentre un settore con molte attrattive ma ancora poco definito è quello del cosiddetto metaverso che con i videogiochi ha molte esigenze e finalità in comune.

Sono oggi molti milioni le persone che dedicano gran parte del loro tempo libero a giochi di vario genere basati su dispositivi e su sistemi distribuiti consentiti da tecnologie digitali in genere assai impegnative.

Alcuni giochi prevedono molti giocatori che si trovano in luoghi reali distanti ma si incontrano negli stessi ambienti virtuali e possono interagire per collaborare o competere; per rendere possibile uno di questi eventi si deve avere un sistema informatico-telematico che controlla e reagisce alle azioni effettuate dai vari giocatori (che possono essere decine o migliaia) con prestazioni di entità distribuite e concorrenti.

Alcuni tra i giochi più elaborati e con molti giocatori prevedono transazioni finanziarie fra i giocatori stessi che spesso si servono di criptovalute che sono collegate a valute reali e che possono muovere somme ragguardevoli.

Il comparto industriale di portata multinazionale dedicato ai giochi tratta progettazione, dispositivi hardware e software, modelli visivi e sonori e strategie tecnologiche, psicologiche e sociologiche. Evidentemente questo comparto richiede ricerche tra le più avanzate, coinvolge aziende tecnologiche tra le più potenti (in particolare NVidia), start-up tra le più innovative, investimenti di parecchi miliardi di dollari/euro/remimbi/yen, decine di migliaia di sviluppatori e molte decine di milioni di utenti (il 71% degli statunitensi tra i 6 e i 49 anni).

..19.. Quale metaverso

Sul futuro del metaverso la discussione é aperta e le previsioni si intrecciano con gli interessi dei maggiori possibili attori.

La MicroSoft descrive il Metaverso come una vastissima area di lavoro per apps da potenziare con software per il cloud computing e il machine learning. Questo corrisponde al fatto che Microsoft si è dotata delle tecnologie applicabili a questo sviluppo: sistema operativo Windows diffusissimo, servizi di cloud computing Azure, sistema di comunicazione Teams, sistema per la realtà aumentata HoloLens, console per gaming Xbox, rete professionale LinkedIn, videogiochi Minecraft e MS Flight Simulator che si muovono nella direzione del suddetto Metaverso.

Mark Zuckerberg, leader di Meta, finanziaria che ora controlla la rete social Facebook, si concentra sulla realtà virtuale immersiva e sulle possibilità di connettere socialmente persone che vivono

distanti. Questo è in sintonia con il fatto che Meta dispone della divisione Oculus, leader del mercato della realtà virtuale e con il fatto che Facebook è il social media più frequentato.

Epic Games, l'azienda proprietaria di Roblox, pensa invece il Metaverso come uno spazio digitalizzato comune in continua espansione entro il quale gli utenti possono muoversi liberamente tra molteplici brands in modo da esprimere al massimo la propria personalità psicologica ed economica interessata a realizzare al meglio i propri desideri. Quindi il metaverso è visto come una specie di parco giochi nel quale conversare e giocare con gli amici, guardare films on demand e provare a guidare virtualmente automobili rese recentemente disponibili nel mondo reale.

..20.. Aspettative su GPT e insegnamento

Delle interessanti applicazioni di VR e Metaverso riguardano l'addestramento alla esecuzione di complessi interventi biologici o tecnologici ottenuto mediante simulazioni entro sistemi/ambienti forniti da strumenti di realtà virtuale o realtà aumentata. Questo porta a esaminare le prospettive per l'utilizzo delle tecnologie innovative nell'addestramento alle attività più delicate e sensibili e allo stesso insegnamento. Su questo potranno avere notevoli influenze i sistemi generativi preaddestrati come i più famosi e sperimentati GPT di OpenAI e i suoi più recenti concorrenti o derivati (Bard, Bing, ...). La loro caratteristica più importante sta nella loro capacità di presentare in forma conversativa, ma non solo, una grandissima varietà di nozioni estratte con procedimenti probabilistici da una enorme quantità di dati considerati rappresentativi di molteplici esperienze. I metodi probabilistici seguono una logica non completamente compresa si verifica che possono presentare nozioni fallaci. Tuttavia sono in grado di fornire quantità e varietà di nozioni molto superiori a quelle fornite da media più tradizionali e dotti di responsabilità identificabili. Si studiano procedimenti per la riduzione delle possibili fallacie dei sistemi generativi preaddestrati, a esempio limitando la loro portata a settori scientifici o comunque controllati e il loro addestramento con testi certificati e coordinati. È comunque poco probabile che nel prossimo futuro si rinunci ad adottare o si impedisca di avvalersi di sistemi probabilistici con la produttività che stanno dimostrando.

Si prospetta invece di pensare ad inserirli nei procedimenti di insegnamento. Questi sistemi, a cominciare dall'amopiamento sperimentato ChatGPT-3/4, si possono pensare dei contenitori di quantità di conoscenze precedenti poco vagliate ma enormi, vistosamente più ricche dei testi tradizionali e in grado di fornire estratti leggibili e riutilizzabili senza le limitazioni spazio-temporali dei singoli esperti. Occorre anche pensare che negli ambienti produttivi e gestionali più influenzati dalle innovazioni presenteranno esigenze di riaddestramento anche poco previste, cruciali e in qualche situazione sociale massicce.

..21.. Aspettative quantistiche

Oggi si nutrono grandi aspettative verso i sistemi per il **quantum computing**, ossia verso unità computazionali che sfruttano fenomeni quantistici e con caratteristiche molto diverse da quelle dei vari tipi di processori che operano sui bits, cioè sui possibili valori 0 e 1 ben nettamente definiti. Un computer quantistico si serve invece dei cosiddetti *qbits*, oggetti/processi elementari ciascuno dei quali esprime una sovrapposizione di due stati opposti assimilabili rispettivamente ai valori 0 e 1.

I principi generali e gli algoritmi di base del quantum computing sono stati attentamente studiati, ma la loro costruzione effettiva, sicura e durevole presenta notevoli difficoltà riguardanti la protezione del comportamento fisicamente molto delicato dei qbits. In particolare i relativi dispositivi devono essere schermati per evitare interferenze esterne, vanno mantenuti a temperature molto basse per evitare fluttuazioni e cadute di coerenza, temperature che richiedono circuiti di materiali superconduttori. Solo nel 2019 si sono realizzate macchine in grado di gestire 54 qbits.

Attualmente i computers quantistici hanno prestazioni inferiori a quelle dei supercomputers classici per tutti i problemi di interesse concreto, ma resta viva la speranza di riuscire ad ottenere in un futuro non lontano prestazioni vistosamente superiori in applicazioni come la crittografia, le attività di search in grandi domini, il machine learning, la chimica generativa finalizzata in particolare alla scoperta di nuovi farmaci.

Questa prospettiva ha portato a un grande fiorire di nuove iniziative, alla costituzione di numerose start-ups, al sostegno da parte di notevoli finanziamenti sia pubblici che privati e all'avvio di un nuovo settore industriale.

..22.. Le prospettive più recenti

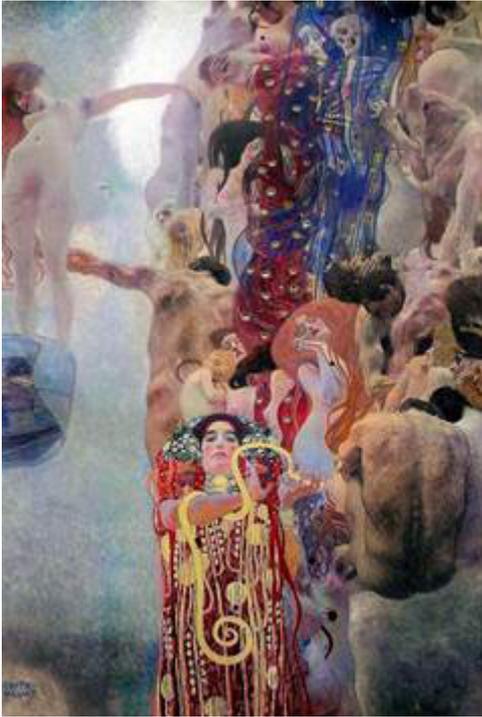
Prosegue la progettazione e la costruzione di sistemi di elevato parallelismo. Molti di questi sistemi si servono di decine di migliaia di processori collocati in località a distanti e questo richiede mesi di lavoro per riuscire ad armonizzarli. Una recente diversa tendenza consiste nella costruzione di sistemi con parallelismo molto più elevato che siano in grado di coordinare essi stessi rapidamente i computers remoti subordinati. Ad esempio la californiana Cerebras e il gruppo G42 in Abu Dhabi hanno annunciato il sistema Condor Galaxy 1, CG-1 da 4 Exaflops ottenibili da 9 supercomputers interconnessi per 54 milioni di cores, con la prospettiva di giungere nel 2024 con CG-2 e CG-3a 36 Exaflops. Un tale sistema riesce ad effettuare l'addestramento per prestazioni come la elaborazioni sulla lingua araba, la fornitura di servizi di cloud computing, la soluzione di problemi di cura della salute, la gestione di reti dell'energia e interventi a tutela del clima gestendo modelli da 600 miliardi di parametri.

Le estese esperienze di assistenti conversazionali come Siri, Alexa, Google assistant, Turing Natural Language Generator e lo stesso ChatGPT, oltre alle crescenti prestazioni di consultazione di data sets come Wikipedia, IMDb e banche dati meteo, fanno pensare a un futuro notevole sviluppo degli assistenti conversazionali. Sono elevate le attese di risparmio di tempo e di fiducia nella utilità e nella precisione. Un passo avanti già sperimentato riguarda l'utilizzo di assistenti virtuali specializzati a supporto di persone con gravi disabilità della vista, della deambulazione e dell'esprimersi. In particolare vengono proposti con promettente successo sistemi per soggetti con sopraggiunta incapacità di parlare; questi che indossano un casco con elettrodi e sensori in grado di distinguere segnali cerebrali corrispondenti alla formulazione di pensieri logicamente strutturati, di elaborarli con procedimenti elaborazione di segnali e di machine learning, di tradurli in comandi vocali e facciali che possono essere presentati agli interlocutori del soggetto attraverso un avatar del soggetto stesso che fornisce parlato ed espressioni facciali.

Questi recenti realizzazioni e simili riguardanti disabilità dovute a difetti cerebrali o del sistema nervoso fanno prevedere lo sviluppo di un settore medico-industriale degli assistenti personali tecnologici e intelligenti.

Due ultimi cenni a recenti realizzazioni che si presentano come molto promettenti. Sistema per la trasformazione in ossigeno di rocce marziane grazie all'azione di catalizzatori ottenibili da minerali probabilmente disponibili su Marte selezionati da un sistema di Machine learning in grado di trattare milioni di minerali.

Costruzione da parte di un sistema di Intelligenza Artificiale di un quadro che Klimt avrebbe potuto dipingere a partire da appunti preparatori lasciati da Klimt stesso e dalla analisi mediante visione automatica di numerose sue opere.



..23.. Raccomandazioni per il domani

L'influenza dell'AI tende a crescere e a toccare un po' tutti gli aspetti della vita. È fondamentale che si possa formare una consapevolezza diffusa.

È essenziale che le conoscenze sui sistemi hardware e software avanzati siano disponibili per il grande pubblico.

Questi obiettivi non sono facili da realizzare.

Vengono messi a punto e resi ampiamente disponibili (soprattutto attraverso gli smart phones) strumenti telematici che possono aiutare le persone, strumenti ricchi di prestazioni e di adattabilità, ma che tendono ad essere utilizzati passivamente. Inoltre si tratta di strumenti prodotti da grandi organismi che tendono a sostenere punti di vista particolari (confronta Metaverso), che possono risultare tendenziosi.

Veniamo alla situazione italiana.

Occorre innanzi tutto segnalare la difficoltà del nostro paese di accogliere le innovazioni tecnologiche, spesso viste come curiosi cambiamenti di costumi invece che di elementi di possibili profondi cambiamenti.

Lo dimostra il fatto che dal 2000 con il progressivo imporsi del Web e delle attività basate sulle ICT (Information and Communication Technologies); preoccupa soprattutto che questo fenomeno sia troppo poco discusso.

In particolare rispecchiano la mentalità delle élites tecnoottimiste anglosassoni e può accadere che tengano in poco conto varie realtà italiane.

Occorre osservare che in generale e in particolare nel nostro paese, lo sviluppo della cultura della AI viene rallentata dalla carenza di esperti nella disciplina e delle sue molteplici sfaccettature.

Per contenere questa carenza bisogna necessariamente rivolgersi alle nuove generazioni. È ragionevole pensare che le attuali classi dirigenti siano poco in grado di adeguarsi al succedersi delle innovazioni. I giovani si trovano sollecitati ad assumersi forti responsabilità. Occorre organizzare la crescita della consapevolezza. A questo proposito segnalo la iniziativa QuarantaScienza. Scienziati on-line, giunta alla VII edizione. La Accademia Nazionale detta dei Quaranta trasmette conferenze tenute da docenti Universitari specialisti su temi legati alle nuove tecnologie con possibili importanti ricadute. Per questo contattare Le registrazioni delle ultime conferenze si trovano in <https://www.quarantascienza.it>

..24.. Letture consigliabili

- Ball, Matthew (2022): *META VERSO*; Garzanti
- Cantucci, Pierluigi (2023): *Rivoluzione Intelligenza Artificiale* Edizioni Dedalo
- Cristianini, Nello (2023): *La scorciatoia* Il Mulino
- Di Dio Roccazzella, Marco; Pagano, Frank [a cura di] (2023):
Intelligenza Artificiale Arte e Scienza nel Business Il sole 24 ORE
- Elliott, Antony (2021): *La cultura dell'Intelligenza Artificiale* Codice edizioni.
- Floridi, Luciano (2022): *L'etica dell'intelligenza artificiale* Raffaello Cortina
- Metz, Cade (2022): *Costruire l'intelligenza*; Mondadori
- Quintarelli, Stefano [a cura di] (2020): *Intelligenza artificiale*.
Cos'è davvero, come funziona, che effetti avrà; Bollati Boringhieri
- Russel, Stuart; Norvig, Peter (2021): *Intelligenza artificiale. Un approccio moderno*
Volume 1, Pearson, IV ed.
- Russel, Stuart; Norvig, Peter (2022): *Intelligenza artificiale. Un approccio moderno*
Volume 2, Pearson, IV ed.