Mario Rasetti
Professore Emerito di Fisica Teorica
Politecnico di Torino

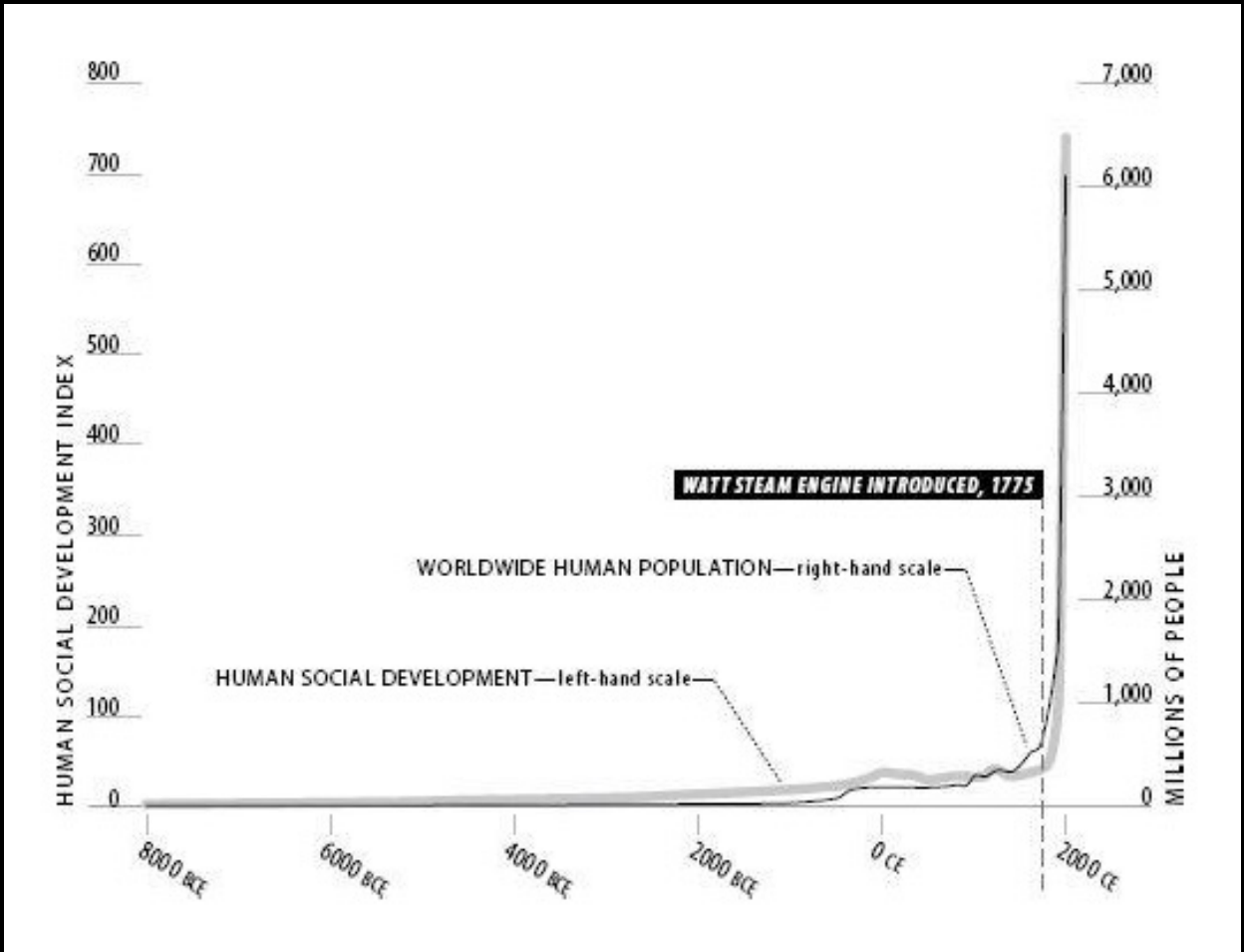
INTELLIGENZA ARTIFICIALE E NUOVI MATERIALI: NUOVI ORIZZONTI PER L'INDUSTRIA

Passato e Futuro

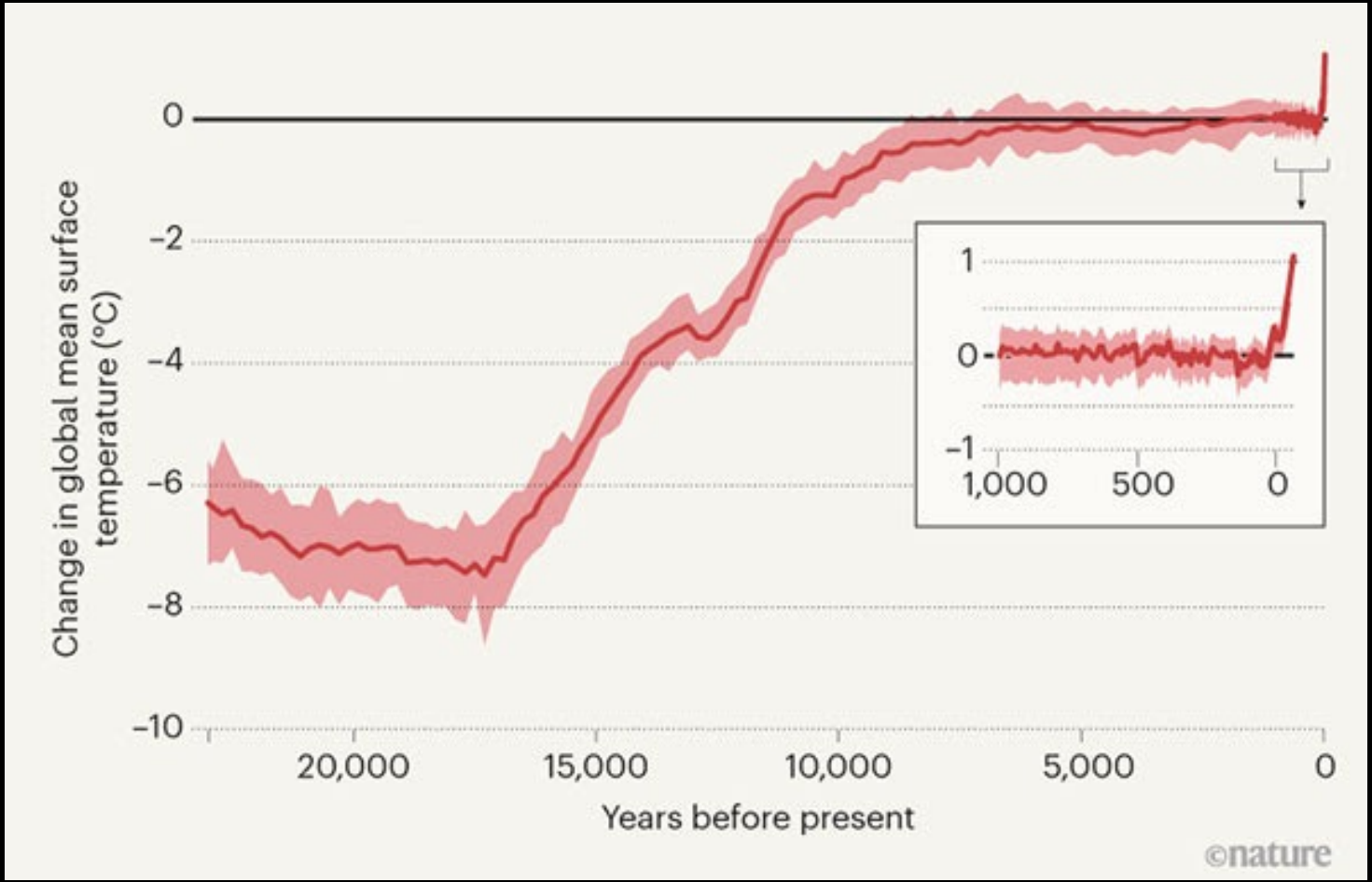
Gli antropologi sociali definiscono un 'Indice di sviluppo', attraverso quattro attributi :

i) l'**energia pro capite** (le calorie che un individuo estrae in media dall'ambiente per cibo, abitazione, commercio, industria, agricoltura e trasporti);
ii) l'**organizzazione** (dimensione delle città più grandi);
iii) la **capacità di fare guerra** (numero di truppe, potenza e velocità delle armi, capacità logistiche, ecc.);
iv) le **tecnologie per l'informazione** (sofisticatezza degli strumenti disponibili per condividere e processare l'informazione ed estensione del loro uso).

Ciascuno di questi ha un punteggio fra 0 e 250; l'indice di sviluppo è la somma dei Quattro punteggi.



La gran parte della storia dell'umanità è noiosa!


0
−2
−4
−6
−8
−10
Change in global mean surface temperature (°C)
20,000
15,000
10,000
5,000
0
Years before present
1
0
−1
1,000
500
0
©nature

La rivoluzione dei Big Data:

- Quanto sono grandi i **Big Data**

  TLC – Flusso di Dati (Cisco Statistics Report)

  2022 ~ 15 zb (1 zb = 10^{21} byte = 1000 miliardi di giga-byte !)

- Quanto è lungo il **Tempo di Raddoppio**

  2021 ≈ 1 anno

  2024 ≈ 12 ore (IoT 150 miliardi di dispositivi in rete)

Il solo modo per affrontare questo Tsunami ed estrarre valore da insiemi di dati così grandi è l'**AI**, la sola tecnica che può cogliere e organizzare l'enorme numero di correlazioni nascoste nei dati.

La metodologia di AI, DS, CSS

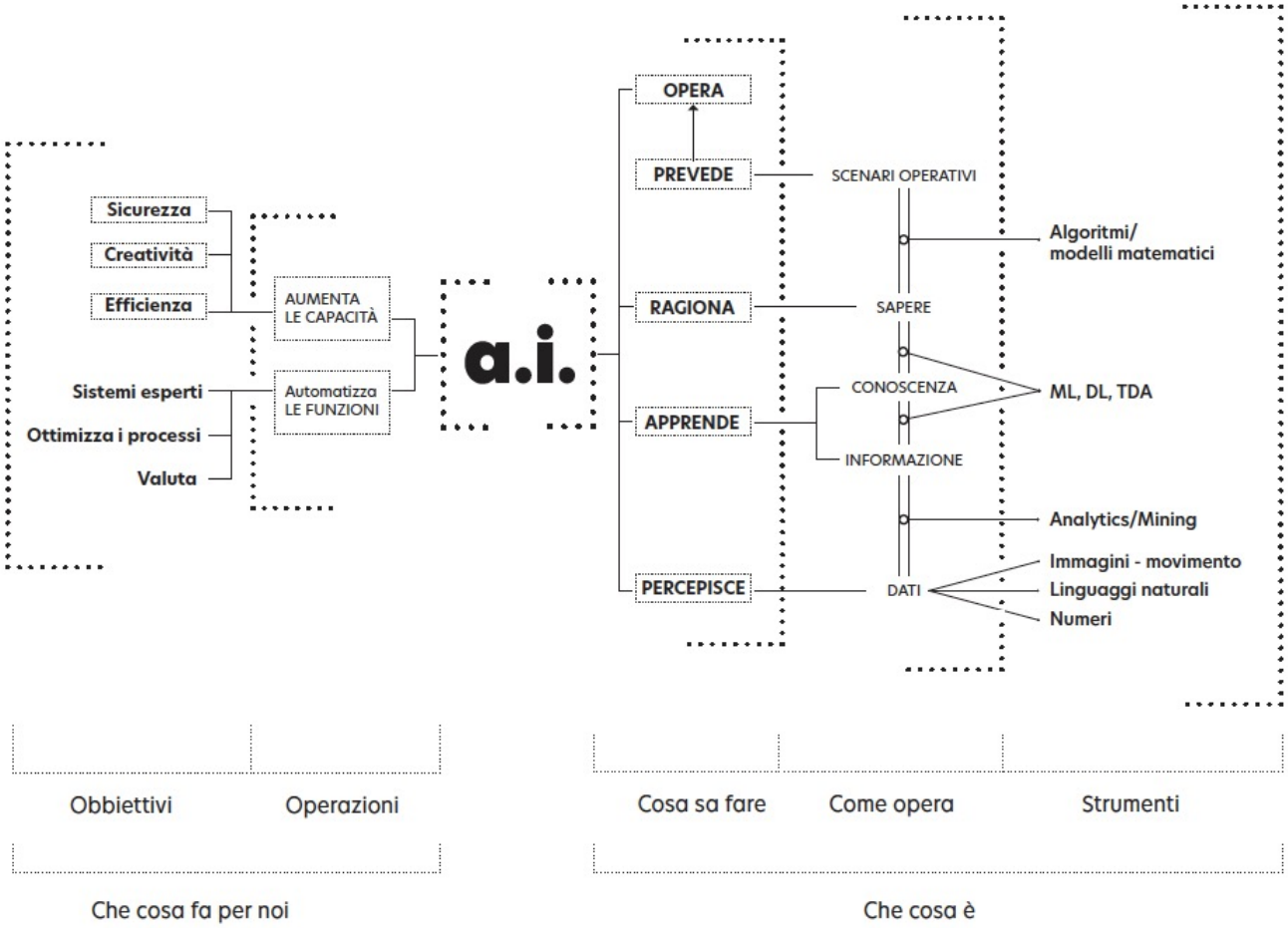
scenari & decisioni: l'analisi del rischio

modelli di sistemi complessi

AI ('machine learning')
'data mining'
'processo linguaggi naturali'
'topologia dei dati'

infrastrutture IT (oltre lo stato dell'arte …)

Dati → Realtà Virtuale → Simulazione → Predizioni


Sicurezza
Creatività
Efficienza
Sistemi esperti
Ottimizza i processi
Valuta
AUMENTA LE CAPACITÀ
Automatizza LE FUNZIONI
a.i.
OPERA
PREVEDE
RAGIONA
APPRENDE
PERCEPISCE
SCENARI OPERATIVI
SAPERE
CONOSCENZA
INFORMAZIONE
DATI
Algoritmi/ modelli matematici
ML, DL, TDA
Analytics/Mining
Immagini - movimento
Linguaggi naturali
Numeri
Obbiettivi
Operazioni
Cosa sa fare
Come opera
Strumenti
Che cosa fa per noi
Che cosa è

Strategie e/o obiettivi:

- **BD** e hardware (la sfida 'High Performance Computing');
- gestire i **BD**: è il più difficile problema mai affrontato dalla computer science, il '**data mining**':

  estrarre valore dai dati.

La '**Scienza** dei (**Big**) **Data**' e l'**AI** accoppiando dati con teorie e modelli, forniscono strumenti sempre più efficienti per trasformare:

dati in **informazione**,

informazione in **conoscenza**,

e infine

conoscenza in **'sapere'**.

L’**intelligenza artificiale (AI)** – **ML**, **DL**, **TDA** – mira a decodificare il codice dell’intelligenza umana. Questa impara e si addestra da sé. I progressi dell’**AI** sono mozzafiato, soprattutto con l’automazione dell’analisi dei dati, ed essa è ormai capace di automigliorarsi a ritmo frenetico.

Oggi sono standard **algoritmi** in grado di riconoscere la scrittura manuale e i pattern, descrivere il contenuto di fotografie e video, e completare compiti che richiedono ‘**intelligenza**’ – meglio degli uomini. Già oggi il 70% di tutte le transazioni finanziarie è effettuato da algoritmi, e il 20 % del contenuto delle News è generato automaticamente.

Dal 2020 in poi i supercomputer sorpasseranno le capacità umane in moltissime applicazioni. Entro 5÷7 anni il lavoro ‘intellettuale’ sarà in buona parte sostituito dalla tecnologia e oltre metà dei lavori di oggi saranno scomparsi.

Machine Learning, Deep Learning

ML è una classe di algoritmi di ML che, scelto in un set di dati un sottoinesieme totalmente rappresentabile (**training set**), estendono le regole così dedotte all' intero set, insegnando alla macchina come emendare l'algoritmo nel caso appaiano discrepanze.

DL invece usa una cascata di molti strati di unità di processo non lineari per estrarre le caratteristiche di un set di dati con **ML**. Ogni strato usa come input l'output delle strato precedente. Tipici algoritmi **DL** sono classificazioni e analisi di pattern.

DL è dunque basato su **ML**, ma con una molteplicità di livelli di proprietà o rappresentazioni dei dati. Le caratteristiche del livello superiore vengono derivate da quelle del livello inferiore per formare una rappresentazione **gerarchica**; la molteplicità dei livelli di rappresentazione corrisponde a livelli differenti di **astrazione**; che formano una **gerarchia di concetti**.

Dati e Topologia

Fondamentale nella '**data science topologica**' è il concetto di 'Spazio dei Dati', spazio multi-dimensionale la cui geometria (**topologia)** è lo strumento naturale per gestire l'intelligenza di grandi quantità di dati.

Perché ?

La **Topologia** è la branca della geometria che ha a che fare con informazione geometrica **qualitativa** su uno spazio (connettività, classificazione di loop e manifold di alte dimensioni , invarianti).

La **Topologia**, studia le proprietà geometriche in modo insensibile alla metrica: ignora la funzione distanza e la sostituisce con la nozione (misurabile) di 'vicinanza connettiva', di **prossimità** (ε)

La **Topologia** ha a che fare con quelle proprietà degli oggetti geometrici che non dipendono dalle coordinate ma solo da proprietà geometriche intrinsiche,

mentre per l'intelligenza dei dati:

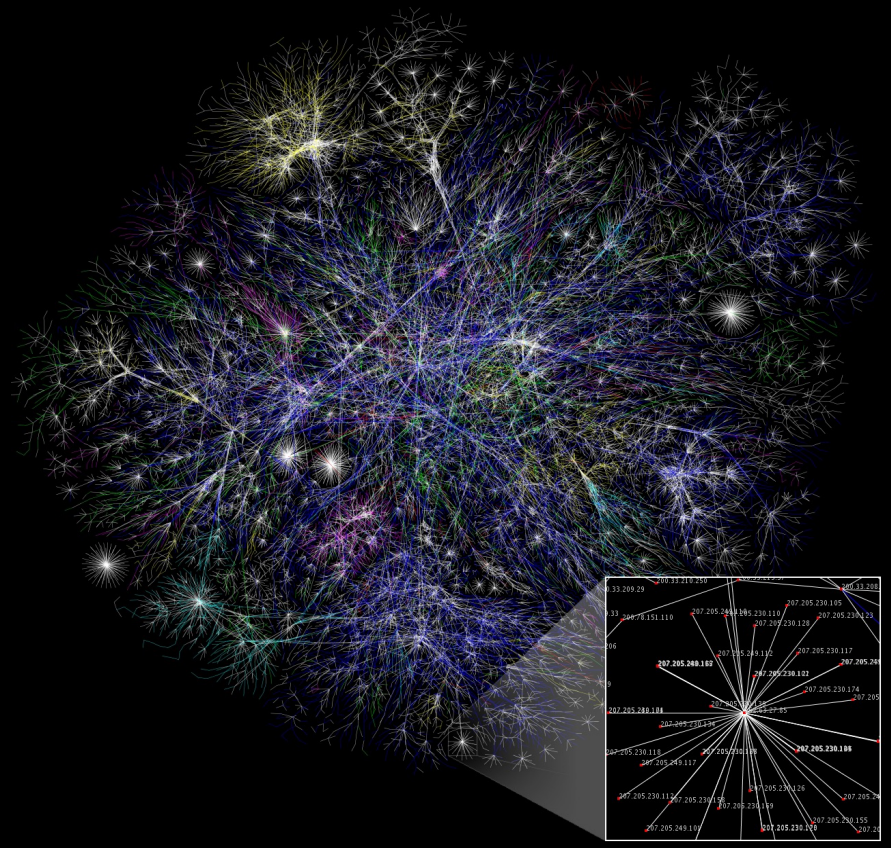
l'**informazione qualitativa** è rilevante : chi usa dati mira a ottenere **conoscenza**, cioè a capire come i dati siano organizzati, su grande scala. Una informazione **globale**, anche se qualitativa è quello che conta;

le **metriche** non sono teoricamente giustificate: in fisica, i fenomeni stessi che sono alla base di teorie dicono esattamente quale metrica usare; nelle scienze sociali o della vita questo è molto meno cogente.

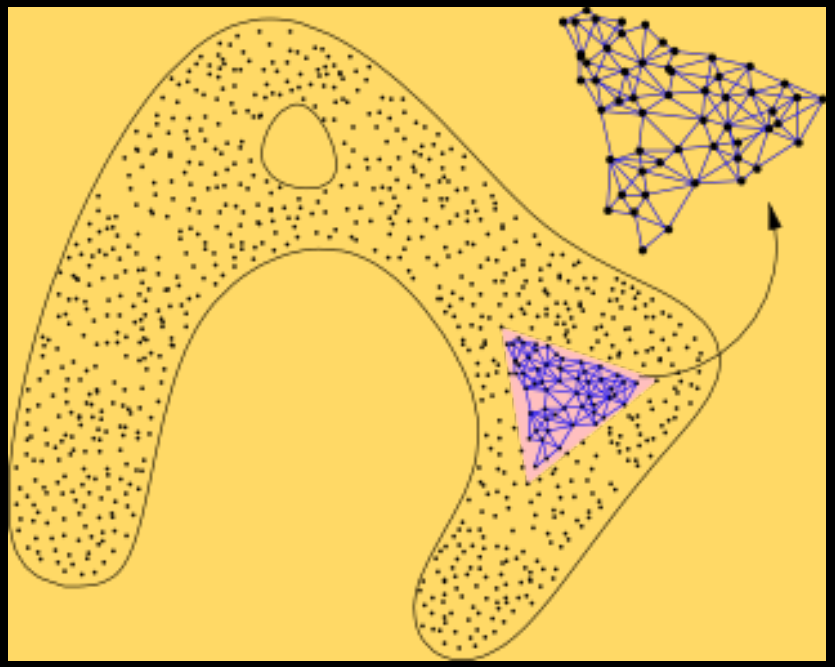
le **coordinate** non sono naturali: **i** dati sono tipicamente trasmessi e ricevuti in forma di stringhe di simboli, simili a 'vettori', tuttavia le 'componenti' o le combinazioni lineari o la norma di questi 'vettori' non sono naturali in alcun senso: lo spazio dei dati **non è** uno **spazio vettoriale**: **le** proprietà dello spazio dei dati che dipendono dale scelta di un sistema di coordinate non possono essere rilevanti,

Infine, sono le **Sintesi** che hanno valore: il modo **convenzionale** di gestire i data è con un grafo (una **rete**: il **web**) il cui insieme di vertici è un insieme di punti nello spazio dei dati, e due vertici sono collegati da legame se la loro '**misura di prossimità**' è $\leq \varepsilon$, poi si tenta di determinare la scelta ottimale di ε.

È tuttavia più informativo considerare l'intero **dendrogramma**, acquisendo in un solo colpo la visione delle sue proprietà più relevanti per tutti i possibili valori di ε, poi trovare il modo di comprendere come le proprietà globali dello spazio dei dati vari cambiando ε.



In **Topologia**, le relazioni sono identificabili come mappe fra oggetti, dunque manifestazioni di **funtorialità**; inoltre, gli invarianti sono connessi non solo ad oggetti ma a mappe fra oggetti. La funtorialità è dunque evidenza di una struttura **categoriale**, che consente la computazione di proprietà **globali** da informazione **locale**. Anche, le interazioni non sono necessariamente a 'due corpi' (come in una rete) ma a molti corpi.



Si noti che l'informazione completa sugli spazi topologici è inerente alla loro **rappresentazione** come **complesso simpliciale**.

L'approccio topologico consente aiuta a comprendere le domande da porre, oltre che la risposta a tali domande.

Connettività e **tecnologie intelligenti** trasformeranno radicalmente il nostro modo di vivere entro il prossimo decennio.

Device intelligenti per prevenire le malattie

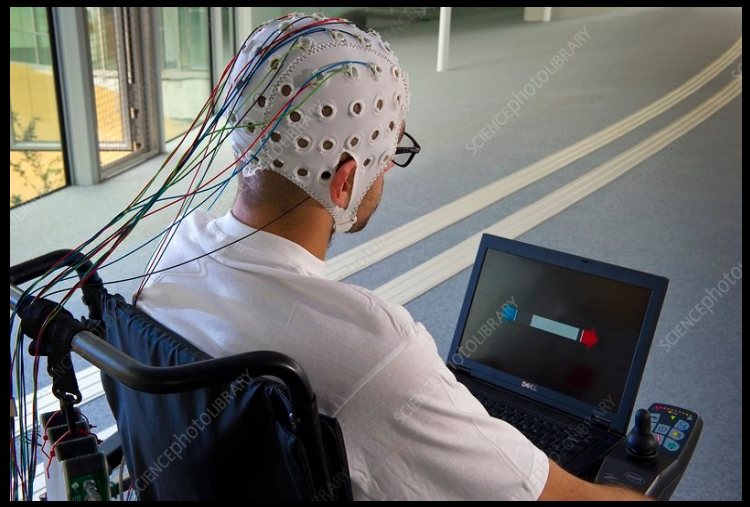
La crisi Covid ha messo in difficoltà il 90% dei servizi sanitari essenziali nel mondo. La preoccupazione generale per la salute e l'immunità porterà a una nuova era di sanità connessa: persone e case saranno dotate di dispositivi per monitorare la salute in modo sempre più proattivo, diagnosticando malattie, rilevando in anticipo sintomi e indicatori di patologie, agevolando l'adozione di un modello di assistenza sanitaria preventiva.

Ad esempio, gli specchi del bagno di casa incorporeranno sensori per misurare parametri vitali come: idratazione, glicemia, pressione sanguigna, saturazione di ossigeno, temperatura, circolazione sanguigna, anomalie nel colorito o espressioni di sofferenza; con sistemi intelligenti capaci di interpretare il suono di colpi di tosse o starnuti, e di indicare primi interventi.

L'assistenza sanitaria connessa sarà altresì cruciale per affrontare il problema dell'invecchiamento della popolazione; la connettività consentirà alle persone di vivere più a lungo in autonomia.

Wearable controllati col pensiero

I dispositivi indossabili controllati con il pensiero dell'utente supereranno la tecnologia dei comandi vocali.



Si prevede che nel 2030 ci saranno 125 miliardi di dispositivi connessi a livello globale e che già nel 2025 una persona vi interagirà mediamente 4800 volte al giorno – circa un'interazione ogni 18 secondi. Le soluzioni intelligenti che si integrano facilmente nella vita delle persone saranno una presenza chiave del prossimo decennio.

I dispositivi di connessione diretta fra cervello e computer rileveranno i segnali che il cervello invia all'apparato vocale quando verbalizziamo i nostri pensieri, consentendo di impartire comandi all'assistente digitale senza doverli esprimere a voce.

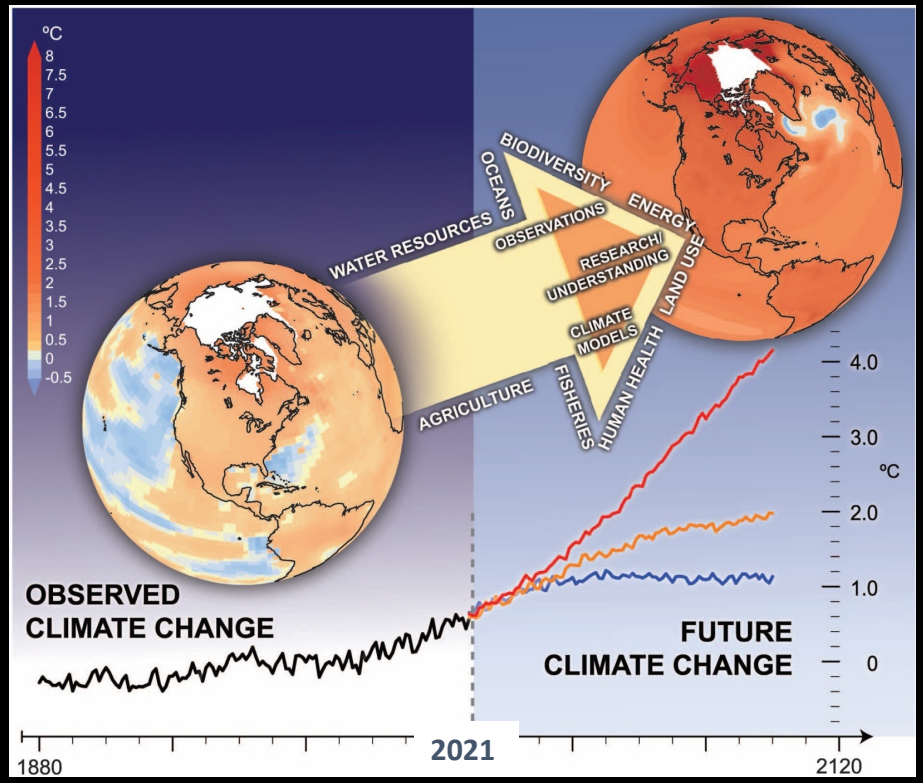
Primo passo, questo, verso un futuro dove non avremo più bisogno dei display, a un 'metaverso' in cui la comunicazione con i dispositivi avverrà attraverso le reti neurali.

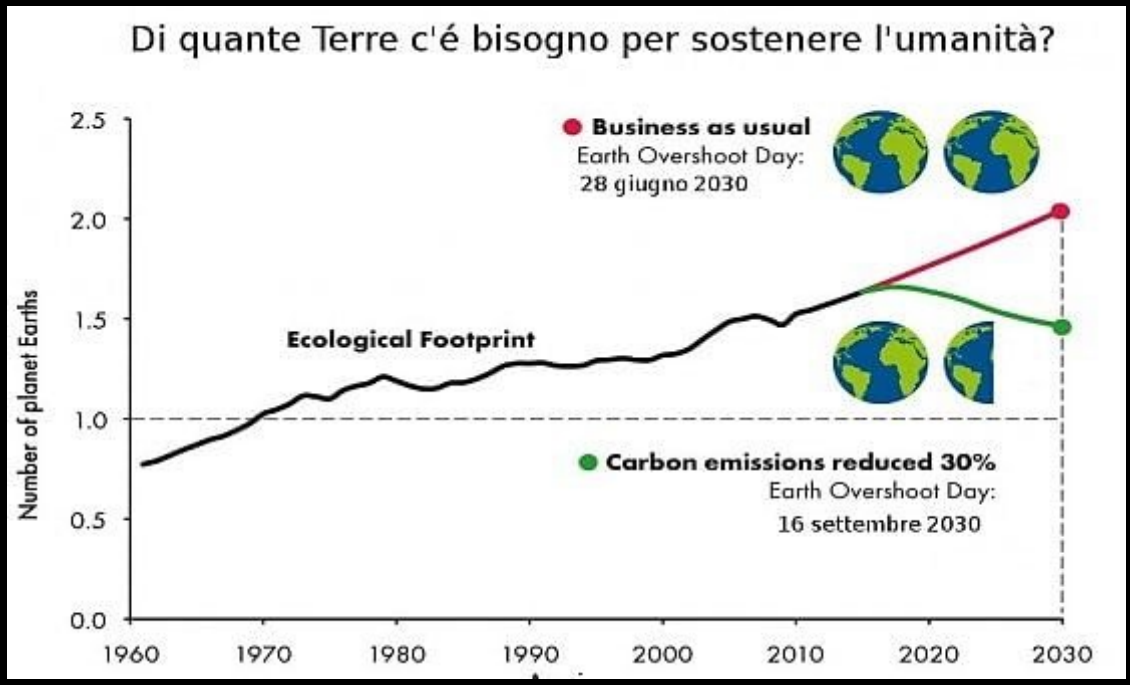
La “natura connessa” abbatte le emissioni

Abbiamo meno di 10 anni per raggiungere l’obiettivo di contenere il riscaldamento globale entro 1,5 °C; la connettività sarà essenziale per aiutarci a ripristinare e gestire la biodiversità a livello globale, fornendoci informazioni in tempo reale sullo stato di salute dell’ambiente.

La connettività potrà forse essere integrata negli alberi, nelle praterie, negli oceani, consentendo di monitorare l’impatto dei programmi di rigenerazione e di valutare le eventuali minacce, monitorare la crescita degli alberi e amplificare il loro ruolo nella lotta ai cambiamenti climatici.

La raccolta dei dati inoltre consentirà alle smart city di individuare e abbattere gli sprechi energetici, ridistribuendo l’energia elettrica e il calore in eccesso di un edificio ad abitazioni o spazi pubblici vicini. La connettività – unita a strumenti di AI che aiuteranno i consumatori a prendere decisioni più consapevoli – sarà fondamentale per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità.


°C
8
7.5
7
6.5
6
5.5
5
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
BIODIVERSITY
OCEANS
ENERGY
WATER RESOURCES
OBSERVATIONS
RESEARCH/
UNDERSTANDING
LAND USE
CLIMATE
MODELS
AGRICULTURE
FISHERIES
HUMAN HEALTH
4.0
3.0
°C
2.0
1.0
0
OBSERVED
CLIMATE CHANGE
FUTURE
CLIMATE CHANGE
1880
2021
2120


Di quante Terre c'é bisogno per sostenere l'umanità?
Business as usual
Earth Overshoot Day:
28 giugno 2030
Ecological Footprint
Carbon emissions reduced 30%
Earth Overshoot Day:
16 settembre 2030
Number of planet Earths
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
1960
1970
1980
1990
2000
2010
2020
2030

I dati personali, la nuova valuta

Mentre cresce la consapevolezza del valore dei dati personali, i consumatori del futuro, per consentirne l'utilizzo chiederanno in cambio servizi ed esperienze iper-personalizzati. I dati personali diventeranno una vera e propria valuta che i marchi dovranno pagare oppure offrire in cambio solo di una prestazione di alto livello.

Nel **DC** ci aspetta almeno un decennio di grandissimi cambiamenti, di cui la connettività rappresenta la chiave, perché ci aiuterà a ridefinire tutti insieme ciò di cui è veramente capace la società; il modo in cui i comportamenti daranno forma all'innovazione; come le preoccupazioni per il benessere fisico e mentale o la richiesta di città che siano più funzionali rispetto alle lezioni dei lunghi periodi di lockdown.

Quando i cittadini e le infrastrutture si connettono tra loro, si crea una visione olistica delle diverse aree geografiche e delle persone che ci vivono. Questa visione creerà innumerevoli opportunità per l'attuazione di un cambiamento positivo.

Dovremo stabilire una nuova etica, condivisa e capace di preservare e migliorare i valori dell'essere 'umani'.

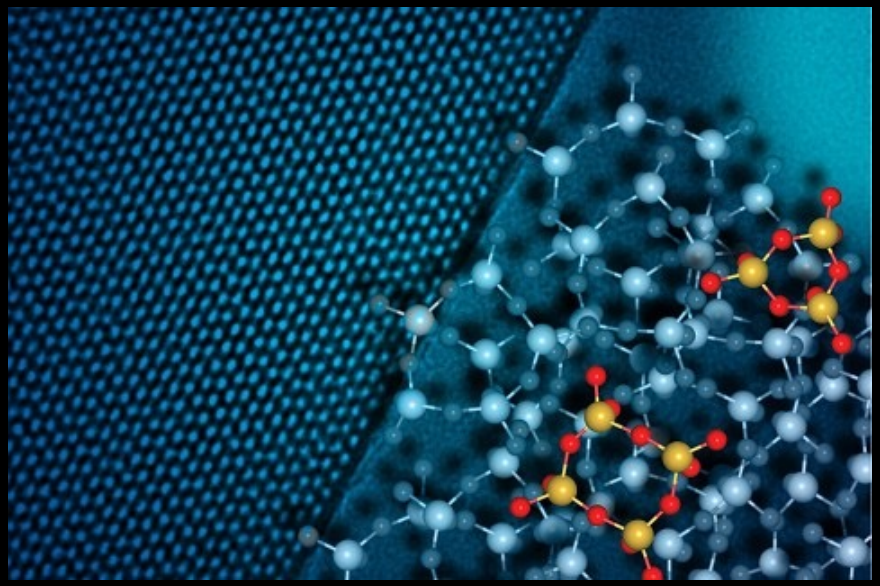
I materiali

I nuovi **Biosensori** – Si basano su organismi o componenti di organismi viventi (vari tipi di microorganismi, tessuti, ormoni, anticorpi, enzimi, ...).

Questi biosensori utilizzano le capacità che alcune specie hanno sviluppato durante l'evoluzione, le quali consentono loro (o consentono ai loro organi) di rilevare dosi molto basse di determinate molecole, possibilmente volatili, spesso insapori, inodori e non rilevabili dai sistemi di misurazione convenzionali, ma percepite da noi (dal nostro sistema). Il meccanismo è lo stesso alla base dei sistemi ormonali e dei feromoni.

Oltre al glucosio, dal sangue filtrano nel sudore e nelle lacrime sali, neurotrasmettitori come adrenalina o dopamina, cortisolo (l'ormone dello stress), ormoni legati alla fase del ciclo mestruale, urea (indicatore di problemi renali) o acido lattico, sintomo di uno sforzo fisico oltre i limiti. Questo porterà a una vera rivoluzione nel monitoraggio e controllo di pazienti di varie patologie.

Presto i diabetici potranno dire addio all'ago per pungersi, sostituendo al sangue, nell' autocontrollo della glicemia, una lacrima, l'urina o semplicemente la saliva.

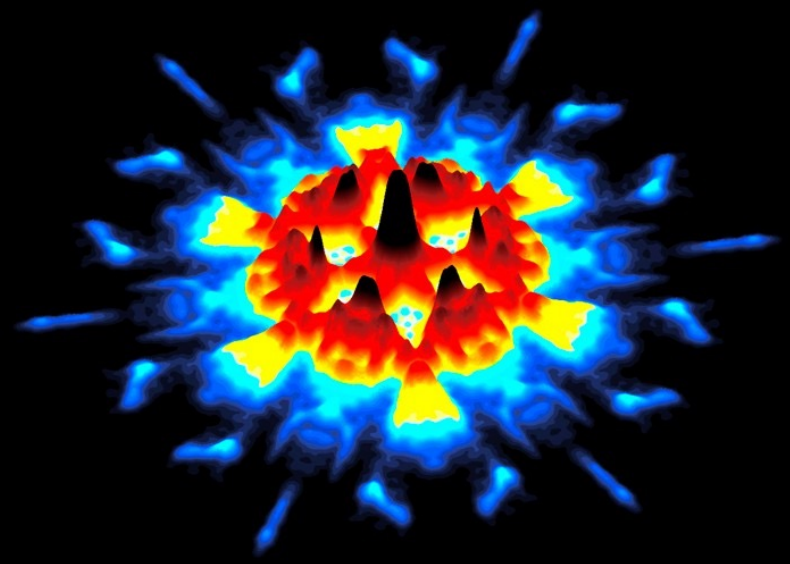


Un nuovo tipo di biosensore in grado di rilevare basse concentrazioni di glucosio da questi elementi e a bassi costi di produzione permetterà presto di misurare in modo non invasivo e velocemente il contenuto di glucosio nel corpo.

Il sensore, nanotecnologico, è composto di tre ingredienti: alcuni strati di grafene disposti come i petali in parte sovrapposti di un fiore; nanoparticelle di platino, e l'enzima glucosio ossidasi. Grazie a un sistema di elettrodi e legami chimici il sensore è in grado di rilevare con grande sensibilità e precisione il livello di glucosio nei liquidi corporei di una persona. Un algoritmo AI è poi in grado di predire le ipoglicemie prima che avvengano, salvando chi indossa il sensore da situazioni pericolose.

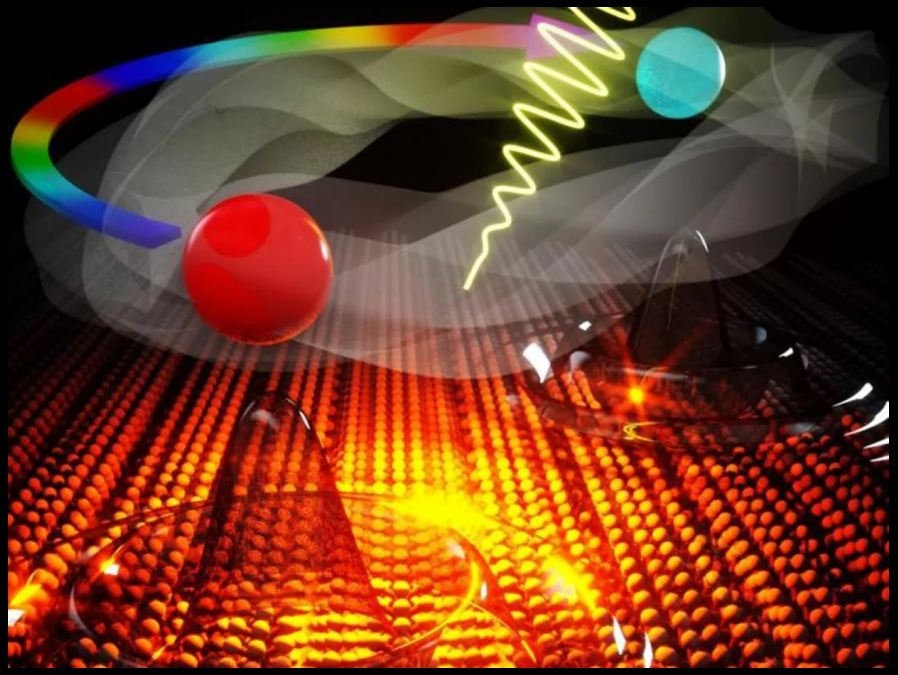
I misteriosi, innovativi **Materiali Topologici**

Nell'ultimo decennio la topologia è entrata prepotentemente nella fisica dei materiali, per esempio permettendo di scoprire che alcuni isolanti possono condurre elettricità lungo uno strato dello spessore di un singolo atomo sulla loro superficie.



Oggi, la fisica topologica sta vivendo un periodo d'oro: i materiali topologici sono già usati come laboratori virtuali e la speranza è che presto essi possano trovare applicazioni le cui radici affondano una comprensione più approfondita della natura stessa della materia.

La topologia, infatti, è responsabile di un fenomeno sorprendente, chiamato “Effetto Hall Quantistico”, che prevede la comparsa di resistenza elettrica in uno strato dello spessore di un solo atomo di un isolante quando il materiale viene posto in un campo magnetico: la proprietà significativa è il fatto che la resistenza rimane invariata anche in presenza di fluttuazioni di temperatura o di impurezze del materiale.



Questi nuovi materiali saranno alla base di una nuova generazione di sensori capaci di individuare e misurare variazioni che si pensavano impercettibili di proprietà magnetiche, elettriche, ottiche, chimiche …