

**INGEGNERI
BERGAMO**

sito culturale



ORDINE DEGLI
INGEGNERI DELLA
PROVINCIA DI
BERGAMO



Intelligenza Artificiale e Società

Alfio Quarteroni

Politecnico di Milano

Ecole Polytechnique Fédérale, EPFL, Lausanne

Accademia dei Lincei

EPFL



**POLITECNICO
MILANO 1863**



**iHEART
simulator**



life^x

Contenuti

Parte I: Inquadramento Storico

Parte 2: Entriamo nel merito: ML e ANN

Parte 3: Algoritmi Data-Driven e Modelli Physics-Based

Parte 4: Modelli Matematici (Physics Based)

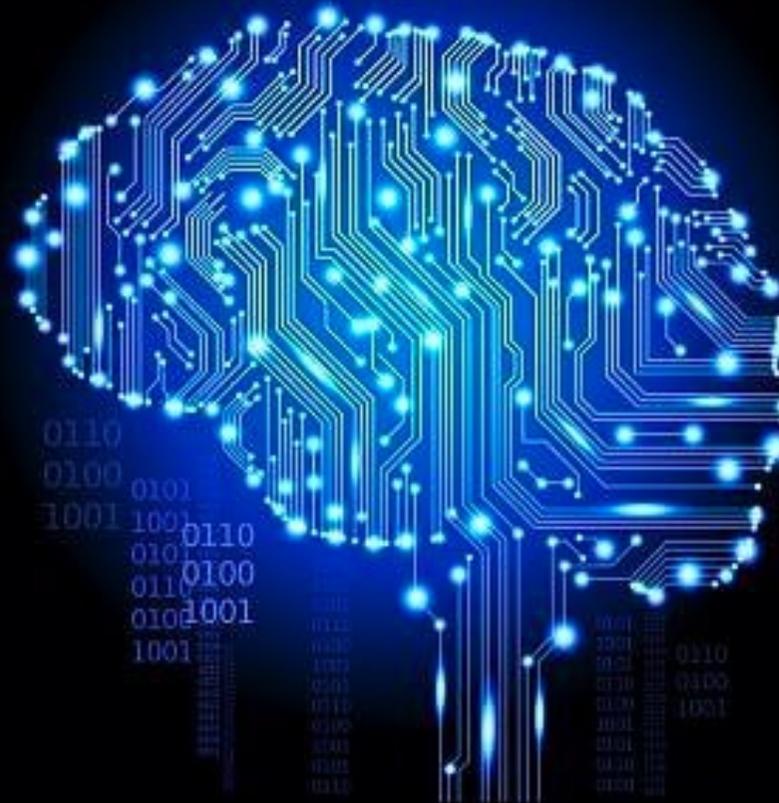
Parte 5: AI in Azienda

Parte 6: Case Studies

Parte 7: AI e Società - Problemi Etici, Questioni Aperte

Intelligenza Artificiale (IA)

Parte I : Inquadramento Storico



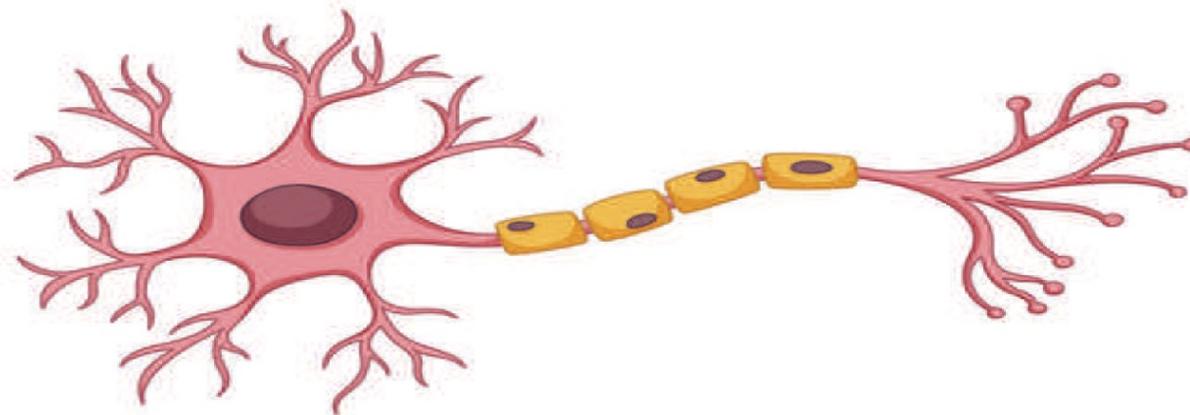
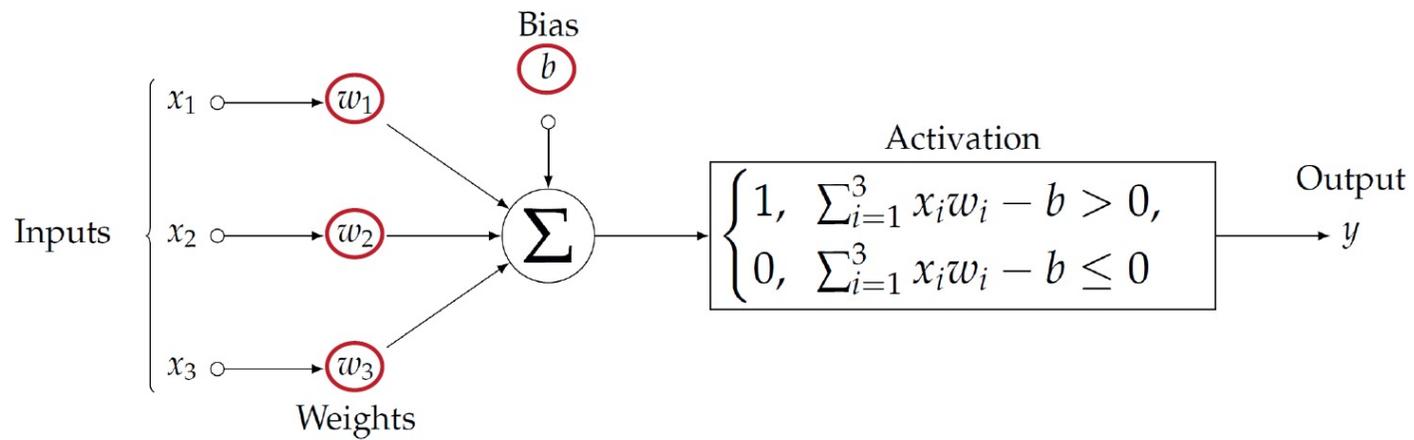
Warren McCulloch (neuroscienziato) e Walter Pitts (logico) nel 1943.
Là dove tutto ebbe inizio

Key Task of McCulloch and Pitts (1943):

- ▶ Develop an algorithmic approach to learning.
- ▶ Mimicking the functionality of the human brain.



Artificial Neurons



Inquadramento Storico

1955

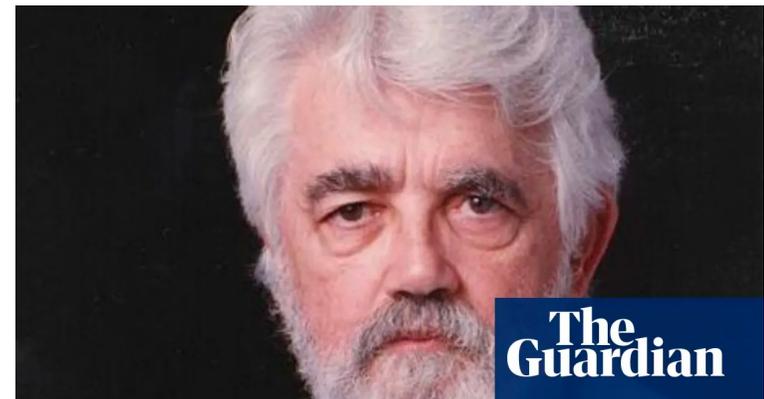
Il termine *Intelligenza Artificiale* venne coniato nel 1955, da un gruppo di ricercatori fra i quali John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e Claude Shannon con la “**proposta di Dartmouth**”, ovvero di una conferenza estiva, in cui si proponevano di discutere di temi quali le reti neurali, la teoria della computabilità, l’elaborazione del linguaggio naturale.

Fu proprio durante tale conferenza, tenutasi nell’estate del 1956 nel campus del **Dartmouth College (NH)**, che venne presentato il primo programma esplicitamente progettato per abilitare i computer a imitare le capacità di *problem solving* degli esseri umani.

La primissima definizione, attribuita allo stesso McCarthy, recita:

“the science and engineering of making intelligent machines”

È grazie a tale definizione che **John McCarthy**, un computer scientist e scienziato cognitivo del MIT (poi dal ’62 passato a Stanford), è oggi riconosciuto come il padre dell’Intelligenza Artificiale. Nel 1955 aveva 28 anni



Una Definizione Mutevole

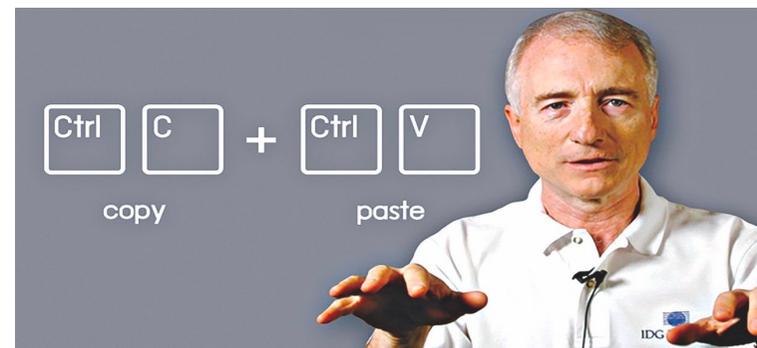
La definizione di AI è variata nel corso degli anni, e ancora oggi non esiste una definizione universalmente riconosciuta.

La più diffusa scuola di pensiero considera oggi l'IA come l'insieme di quelle abilità mostrate dai sistemi hardware e software che, a un osservatore umano, possono apparire come pertinenza esclusiva dell'intelligenza umana (o più in generale, animale).

Ne consegue che i confini dell'IA non soltanto sono soggettivi (la percezione di cosa sia prerogativa umana dipende da persona a persona), ma variano anche nel tempo e si spostano sempre più in là man mano che nuovi obiettivi vengono raggiunti.

Questo aspetto, noto come “AI effect”, è stato ben sintetizzato dalla frase dell'informatico statunitense Larry Tesler nel 1970 (allora 25 enne, a Xerox Park in California)

«AI is whatever hasn't been done yet»



Alan Turing

Il vero precursore, tuttavia, fu nel 1950 l'inglese Alan Turing. In un celebre articolo sulla rivista Mind dal titolo

“Computing machinery and intelligence”

Turing, allora 38enne, si pose la questione se una macchina avrebbe mai potuto pensare. Una domanda la cui risposta presupporrebbe una definizione precisa delle parole “macchina” e “pensiero”. Turing cerca di dare una risposta a questo quesito.

Introduce all'età di 24 anni la celeberrima *Macchina di Turing*, una macchina ideale in grado di effettuare qualsiasi tipo di calcolo basato su algoritmi, una base concettuale per ogni tipo di computer.

$$T = \langle S, s_0, F, A, \beta, \delta \rangle \quad \text{dove}$$

S è un insieme finito detto *insieme degli stati* della macchina;

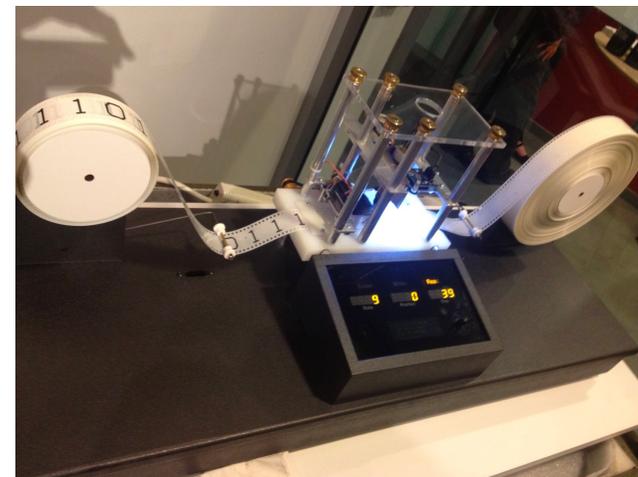
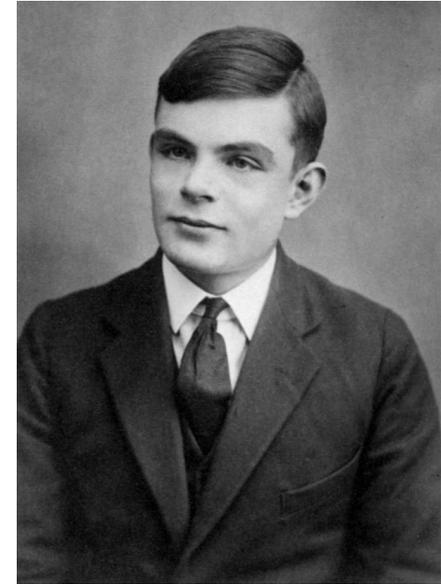
s_0 è un elemento di S detto *stato iniziale* della T ;

F è un sottoinsieme di S detto *insieme degli stati finali* della T ;

A è un alfabeto finito detto *alfabeto del nastro* della T

β è un carattere dell'alfabeto A detto *segno di casella vuota del nastro* della T

$\delta : S \times A \rightarrow S \times A \times \{-1, 0, +1\}$ è detta *funzione di transizione* della macchina.



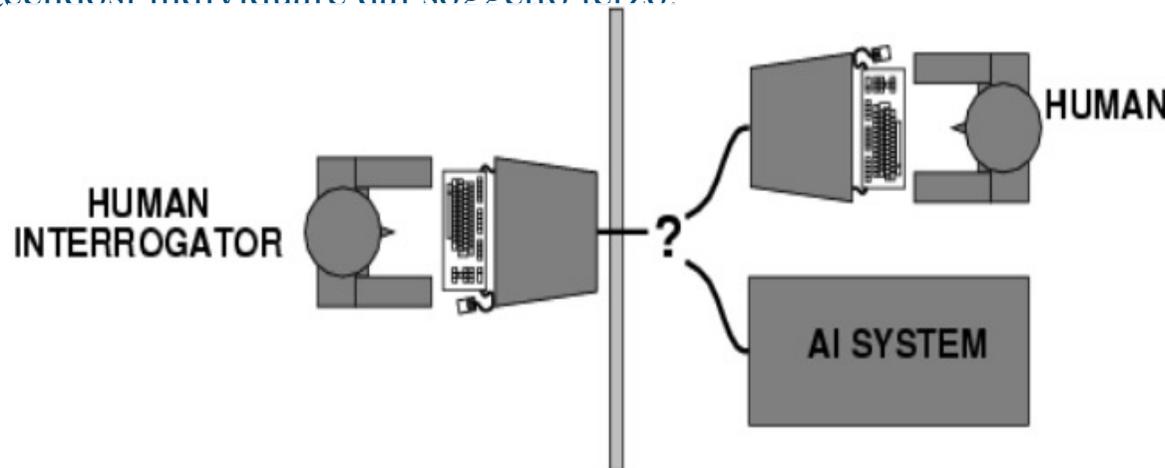
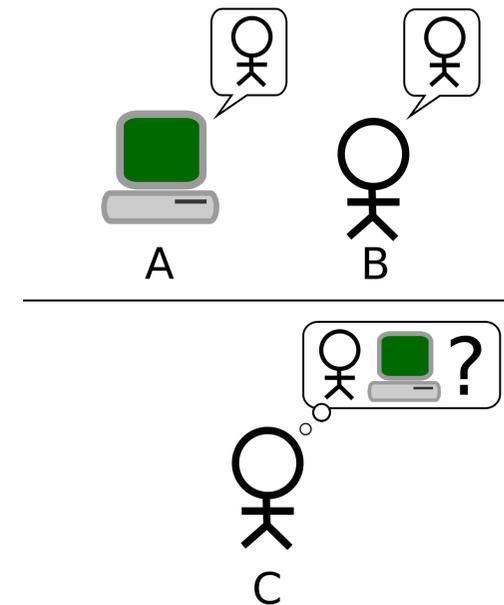
Test di Turing

Fornisce inoltre una definizione operativa (verrebbe da dire, costruttiva) di pensiero, proponendo l'ormai celeberrimo *Test di Turing*, finalizzato a stabilire se una macchina sia o meno intelligente. Un archetipo per distinguere fra intelligenza umana ed intelligenza artificiale.

Mettiamo un computer in una stanza, una persona in un'altra, si neutralizzi qualunque elemento indiziario (voce, calligrafia, ecc.) e si cerchi, attraverso dei quesiti, di far indovinare a un terzo soggetto, all'oscuro di tutto, con chi stia parlando, se con la persona o il computer.

La macchina, naturalmente, ha la facoltà di “imbrogliare”.

L'idea è che, se gli algoritmi di AI e ML sono abbastanza potenti, la macchina può diventare intelligente a tal punto da “travestirsi” da essere umano, non facendosi individuare dal soggetto terzo.



Il Boom Recente

Le tappe più significative sono associate alla scoperta delle reti neurali negli anni '60, dei sistemi esperti e della programmazione logica e della cosiddetta fuzzy logic degli anni '70 e '80.

L'arrivo al successo, tuttavia, non è stato semplice. Piuttosto, si è passati da momenti di grande eccitazione ad altri di entusiasmi raffreddati.

In effetti, è solo recentissimamente, a partire dal 2015, che grazie ad un ritorno di interesse per le reti neurali artificiali, l'IA conosce una autentica esplosione.

Ciò si può attribuire soprattutto a **tre fattori**:

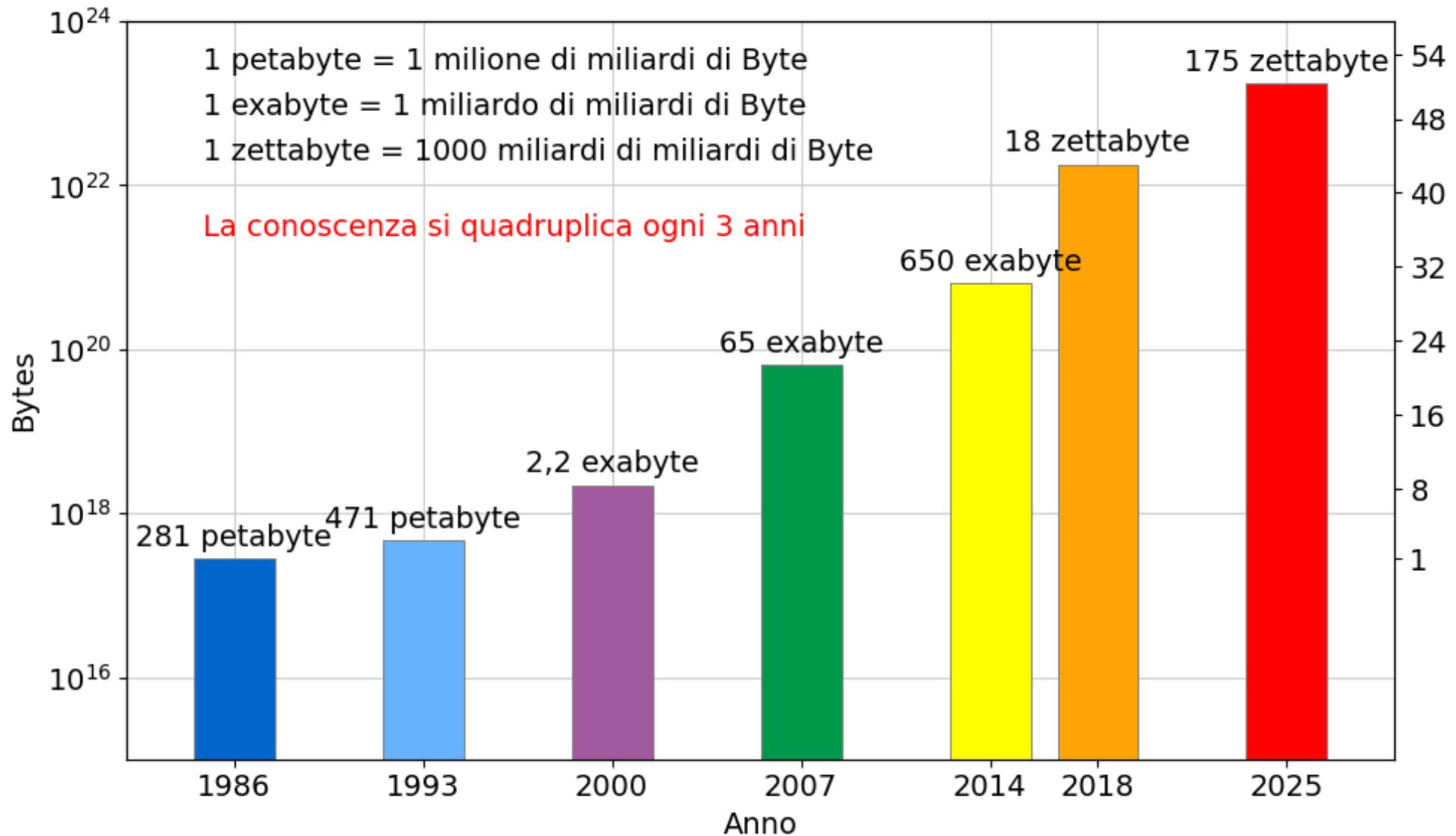
1-la enorme capacità di calcolo che deriva dalla disponibilità di **supercomputer** paralleli a buon mercato, nati per la computer graphics, dal cloud computing e dall'edge computing;

2-la disponibilità dei **Big Data** (generati da satelliti, sensori, dal web e dalle reti sociali);

3-l'affinamento di **algoritmi** potenti di data analysis e di minimizzazione che consentono di migliorare significativamente i modelli soggiacenti le reti neurali artificiali.

Naturalmente non va sottovalutata la **Tecnologia Abilitante**

Big Data



1 Zettabyte = 10^{21} byte = 1 triliardo di byte, l'equivalente di 36 milioni di anni di video in alta definizione!

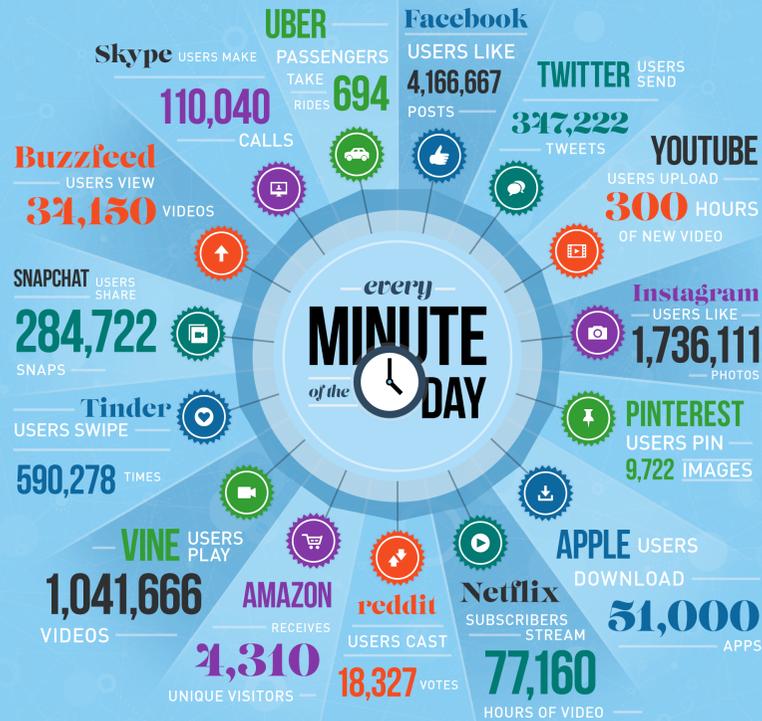
Big Data e Come Vengono Generati

DOMO

DATA NEVER SLEEPS 3.0

How much data is generated every minute?

Data is being created all the time without us even noticing it. Much of what we do every day now happens in the digital realm, leaving an ever-increasing digital trail that can be measured and analyzed. Just how much data do our tweets, likes and photo uploads really generate? For the third time, Domo has the answer—and the numbers are staggering.



THE GLOBAL INTERNET POPULATION GREW 18.5% FROM 2013-2015 AND NOW REPRESENTS

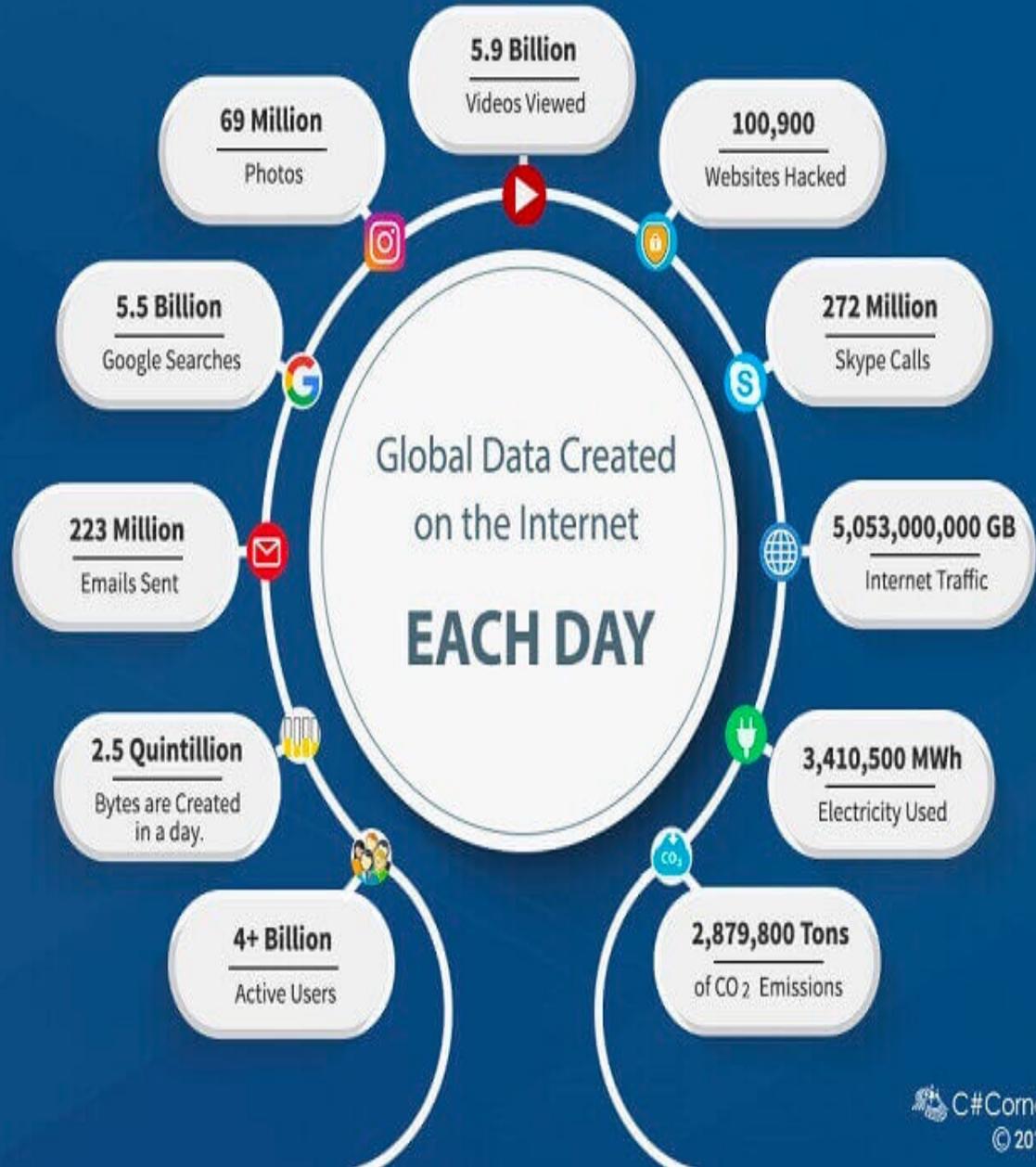
3.2 BILLION PEOPLE.

With each click, share and like, the world's data pool is expanding faster than we can comprehend. Businesses today are paying attention to scores of data sources to make crucial decisions about the future. The team at Domo can help your business make sense of this endless stream of data by providing executives with all their critical information in one intuitive platform. Domo delivers the insights you need to transform the way you run your business. [Learn more at www.domo.com](http://www.domo.com).

DOMO

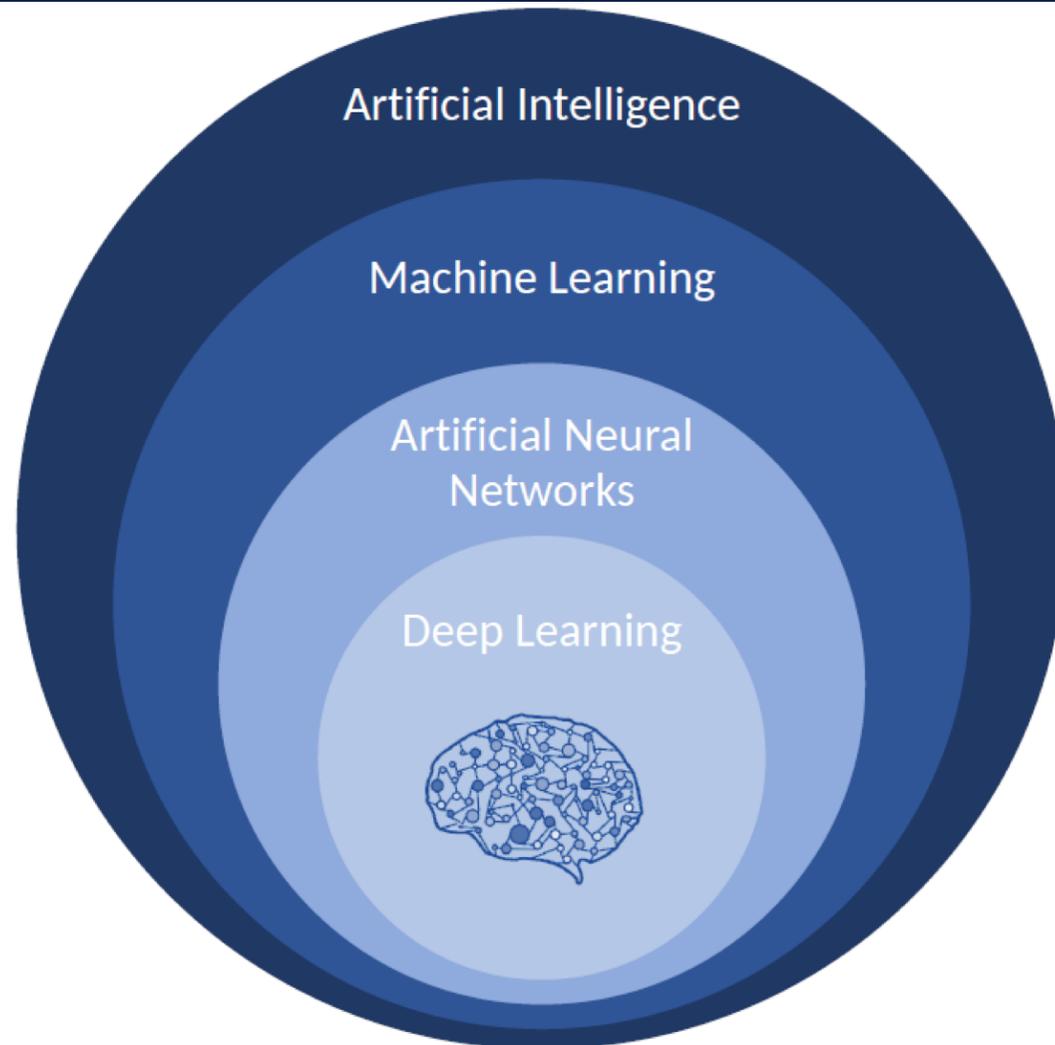
SOURCES:

FACEBOOK, TWITTER, YOUTUBE, INSTAGRAM, PINTEREST, APPLE, NETFLIX, REDDIT, AMAZON, TINDER, BUZZFEED, STATISTA, INTERNET LIVE STATS, STATISTICBRAIN.COM



C#Corner © 2018

Una conoscenza stratificata

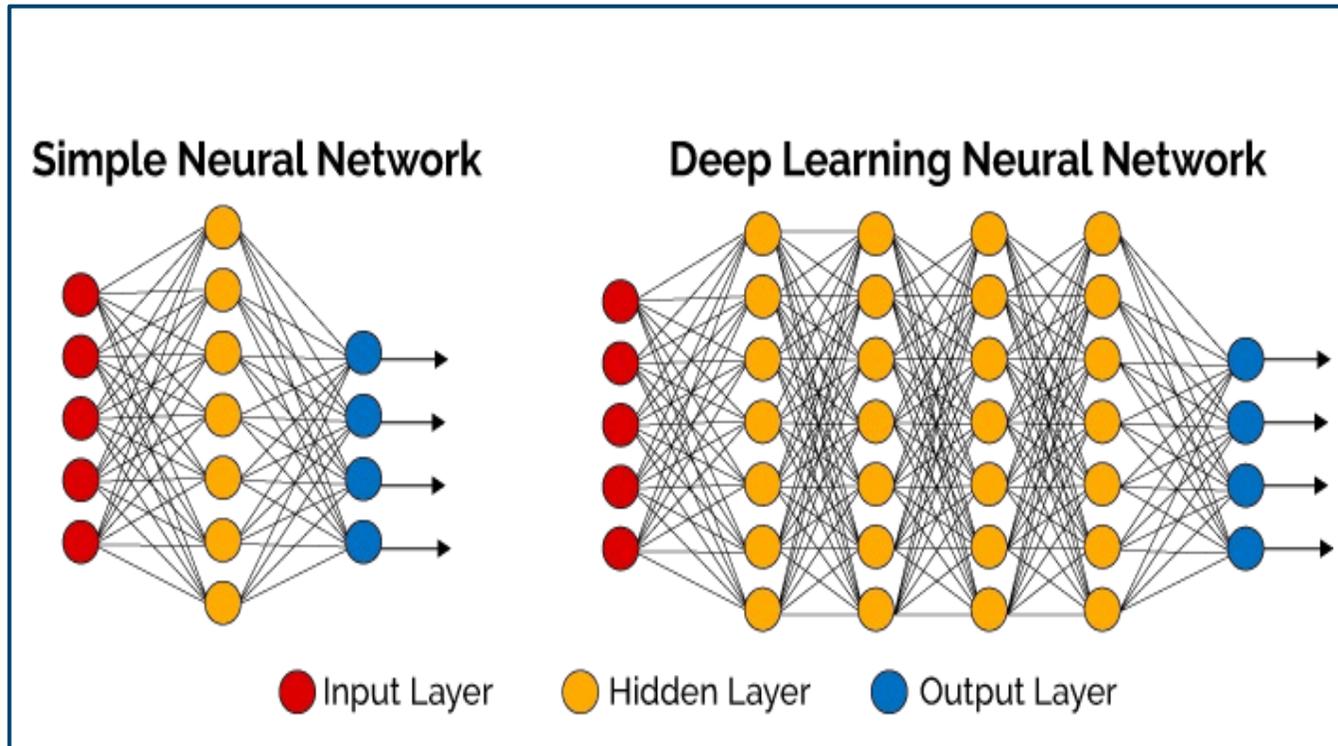


Stratificazione di alcuni concetti chiave del mondo dell'AI.

Il Deep Learning è ottenuto utilizzando un particolare tipo di Reti Neurali Artificiali, le quali a loro volta sono uno dei tanti modelli di Machine Learning.

Quest'ultimo rappresenta una delle strade più promettenti per lo sviluppo dell'AI.

Cambio di scala: l'accelerazione

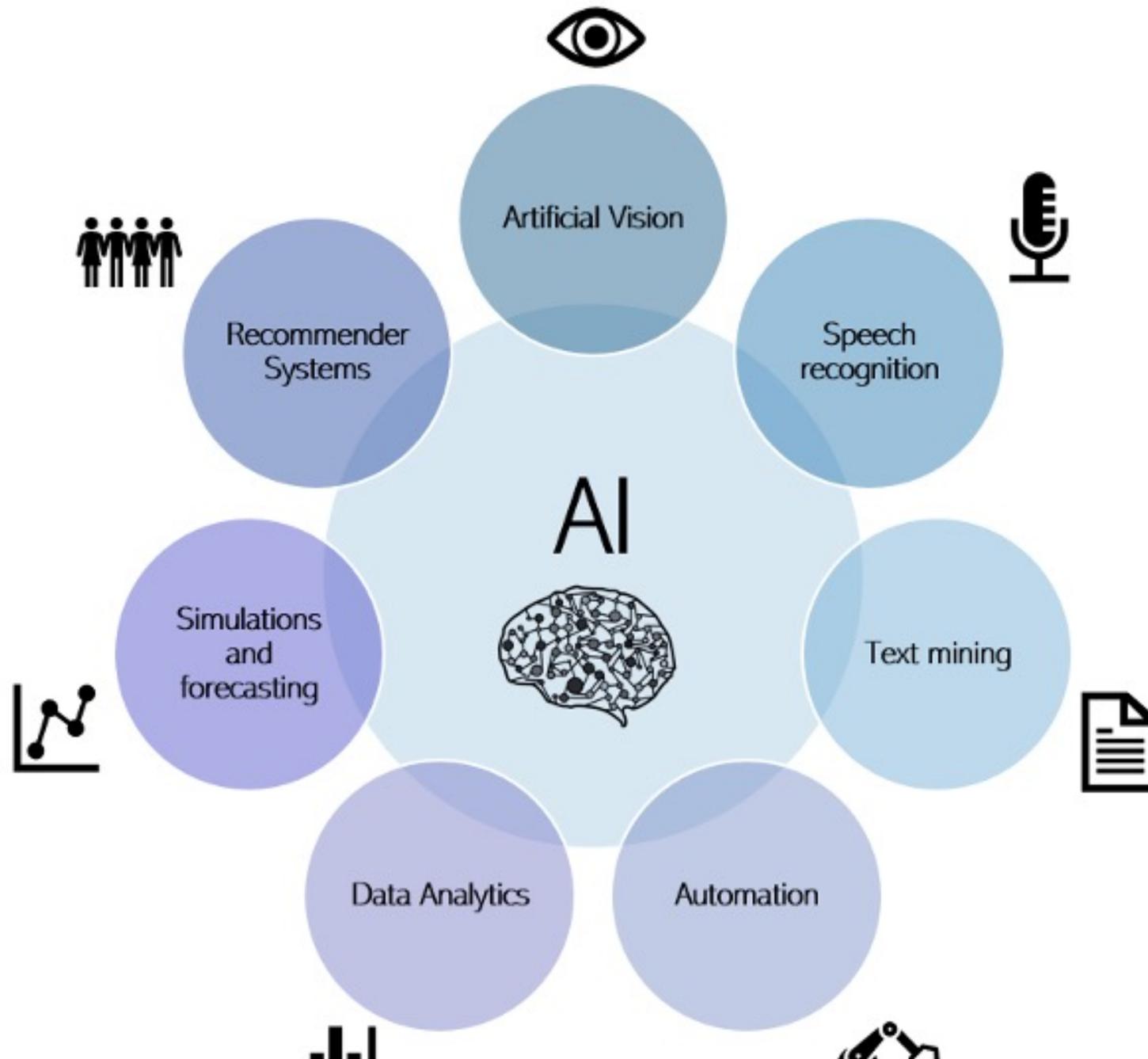


L'IA non si reduce a ChatGPT

L'IA combina causalità e correlazione.

ChatGpt NO! E' «solo» un assemblatore probabilistico

IA – SETTORI DI SUCCESSO



I Domini di Applicazione dell'IA in ambito Industriale

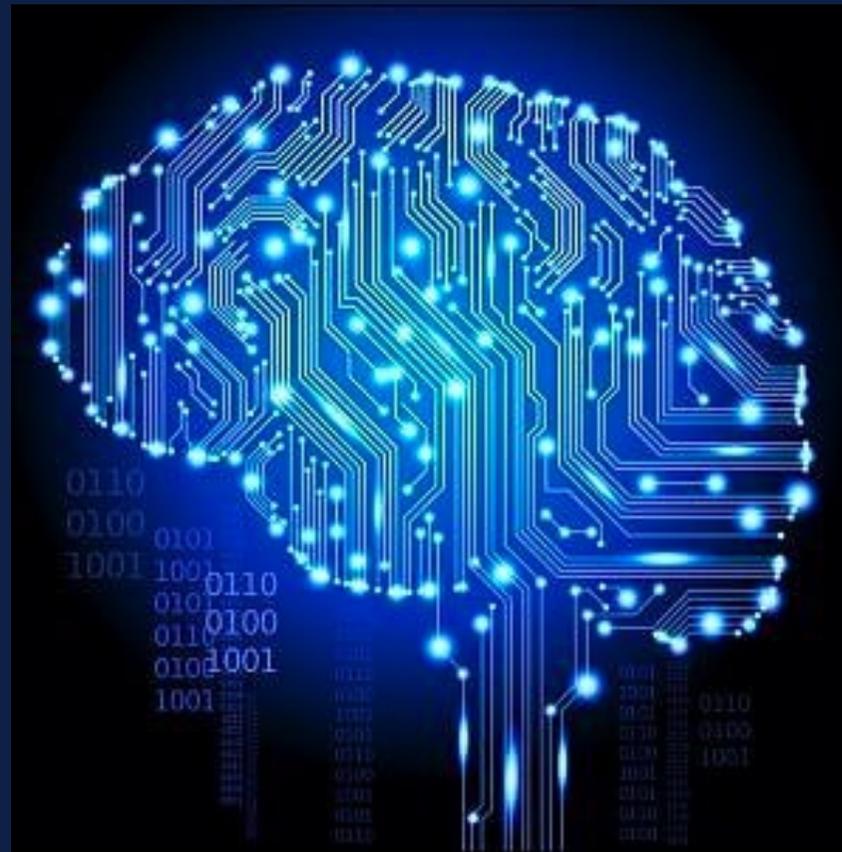
Secondo Anitec-Assinform, l'associazione che in Confindustria raggruppa le aziende Ict, il mercato dell'IA ha raggiunto nel 2022 un volume di circa 422 milioni di euro (+21,9%) e raggiungerà i 700 milioni nel 2025, con un tasso di crescita medio annuo del 22%.

Le aziende possono sfruttare l'IA a vari livelli della value chain:

- Operations
- Gestione degli assets
- Servizi e finanza
- Logistica e organizzazione aziendale
- Marketing e vendite

Intelligenza Artificiale (IA)

Parte II : Entriamo nel Merito ML e ANN



Machine Learning (ML)

Example: given a picture \mathbf{x} , write a program returning $\mathbf{y} = 1$ if it is a dog, $\mathbf{y} = 0$ otherwise.

Task
T

✓ **Traditional programming solution:**

Write a computer program implementing decision rules enforced by the programmer.

✓ **Machine Learning solution:**

1. Collect a set of training data $\hat{\mathbf{x}}_i, \hat{\mathbf{y}}_i$ for $i = 1, \dots, N$

Experience E

2. Select a set of candidate models $\mathbf{y} = \mathbf{f}(\mathbf{x}; \boldsymbol{\mu})$

Model M

3. Train the model $\min_{\boldsymbol{\mu} \in \mathcal{M}} \sum_{i=1}^N d(\hat{\mathbf{y}}_i, \mathbf{f}(\hat{\mathbf{x}}_i; \boldsymbol{\mu}))^2 + \text{regularization}$

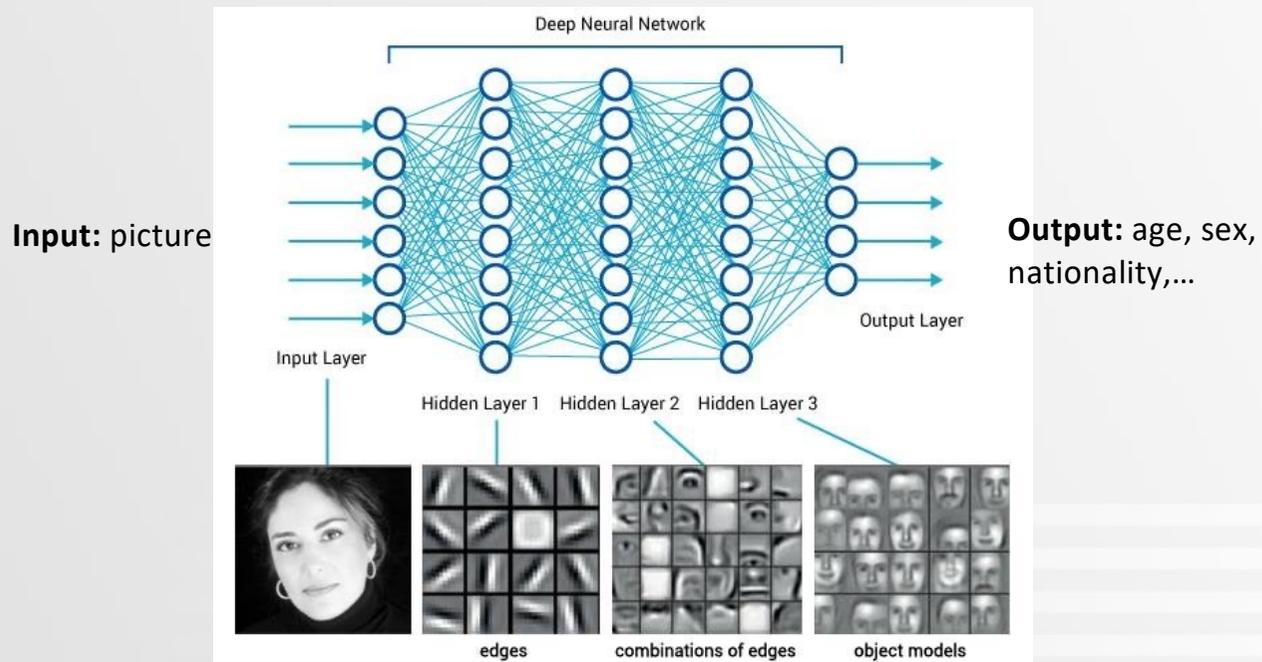
Performance
measure P

Optimization
Algorithm A

Deep Learning

Definition: Machine Learning techniques relying on ANNs with a high number of hidden layers

Example: face recognition

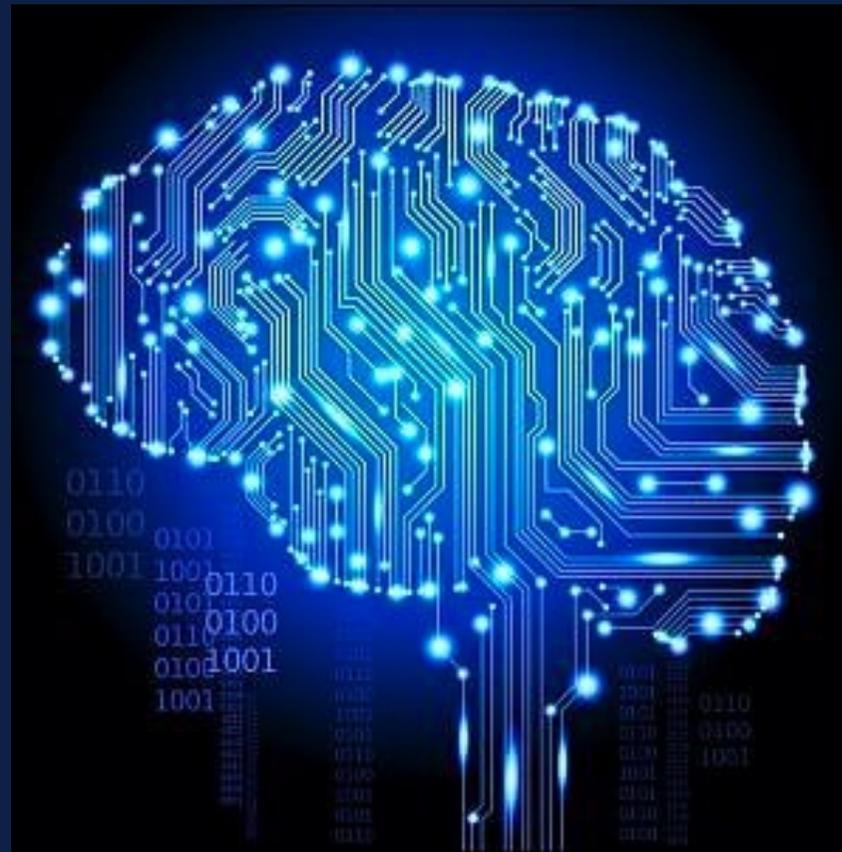


[adapted from Anguera, 2013]

Level of
abstraction

Intelligenza Artificiale (IA)

Parte III : Allarghiamo lo Sguardo Algoritmi Data Driven e Modelli Physics-Based



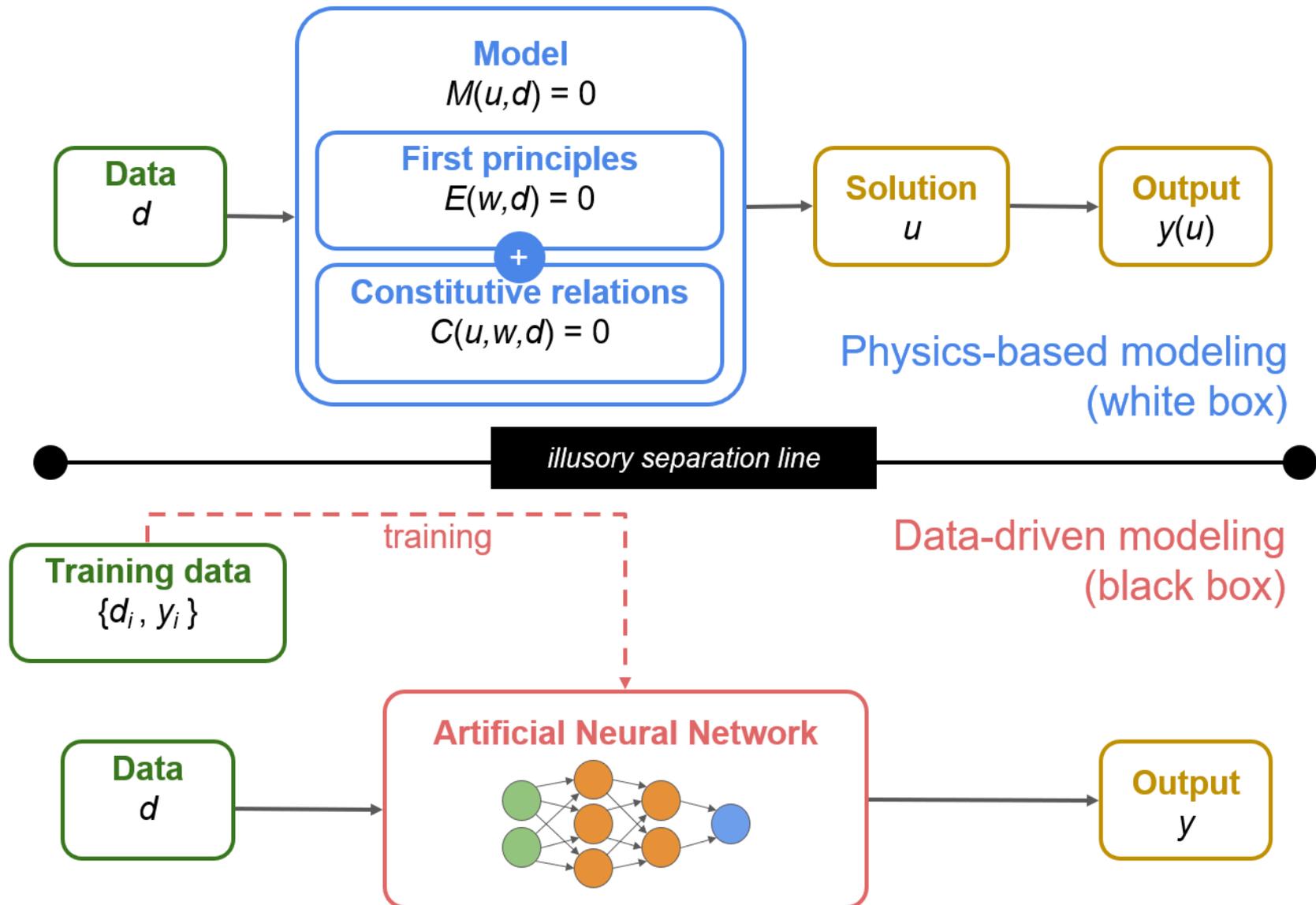
IA basata sui dati o su modelli matematici

DUE ASPETTI COMPLEMENTARI

Gli algoritmi di ML permettono, come detto, di fornire risposte senza essere esplicitamente programmati per rispondere a un dato interrogativo, ma apprendendo a farlo in modo autonomo sulla scorta dei dati disponibili. Molte volte, tuttavia, i dati non sono l'unica fonte di informazione di cui si dispone. Oltre ad essi, può essere disponibile una conoscenza della “fisica” del problema, ossia delle leggi (basate su principi primi oppure su osservazioni empiriche) espresse nella forma di relazioni causa-effetto. I modelli di IA, e in particolare di ML, possono beneficiare di questa conoscenza per migliorare la stabilità e l'affidabilità delle proprie risposte.

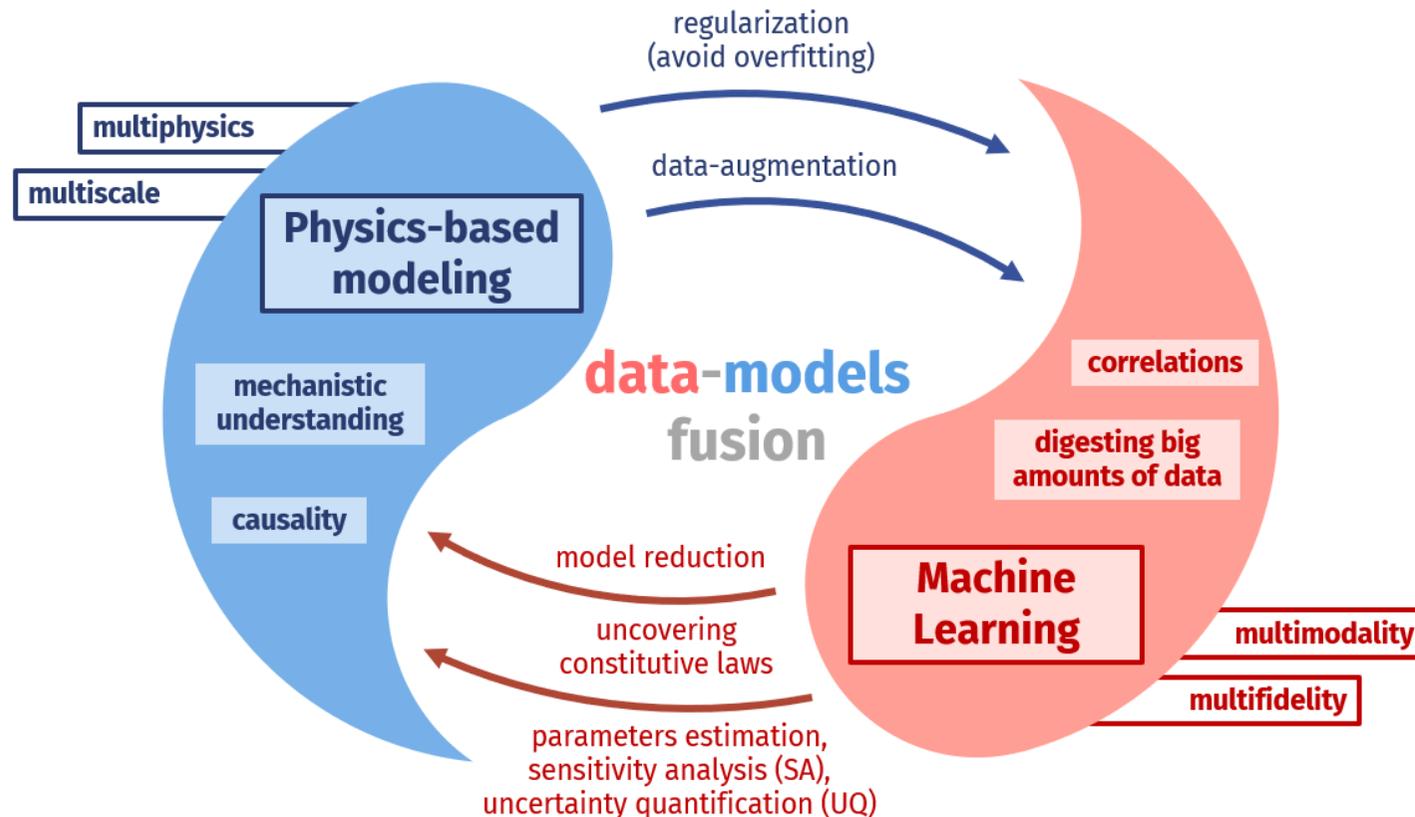
Quando poi si ha una profonda conoscenza delle leggi che governano un dato fenomeno o processo (naturale, sociale, economico, biologico, fisico, industriale) è possibile costruire modelli basati unicamente sui principi primi. Queste leggi vengono tradotte in opportuni modelli matematici (tipicamente sotto forma di equazioni differenziali), la cui soluzione (eventualmente approssimata) viene ottenuta attraverso software specializzati. Si parla in questi casi di *physics-based models* (modelli basati sulla fisica), in antitesi ai *data-driven models* (modelli basati sui dati), come ad esempio le ANN. Va osservato che qui il termine *fisica* va inteso in senso lato, facendo riferimento a qualunque genere di processo o fenomeno del mondo reale.

Due approcci modellistici a confronto: modelli basati sulla fisica (in alto) e modelli basati sui dati (in basso).

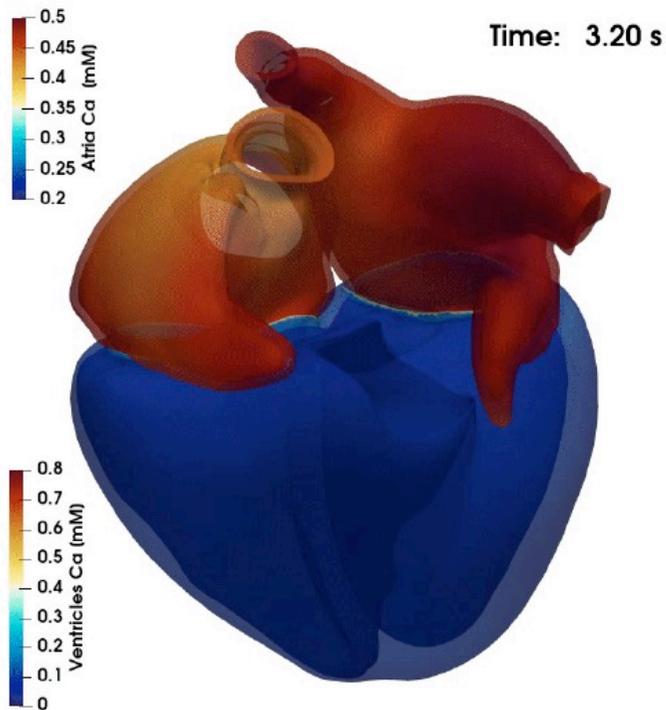


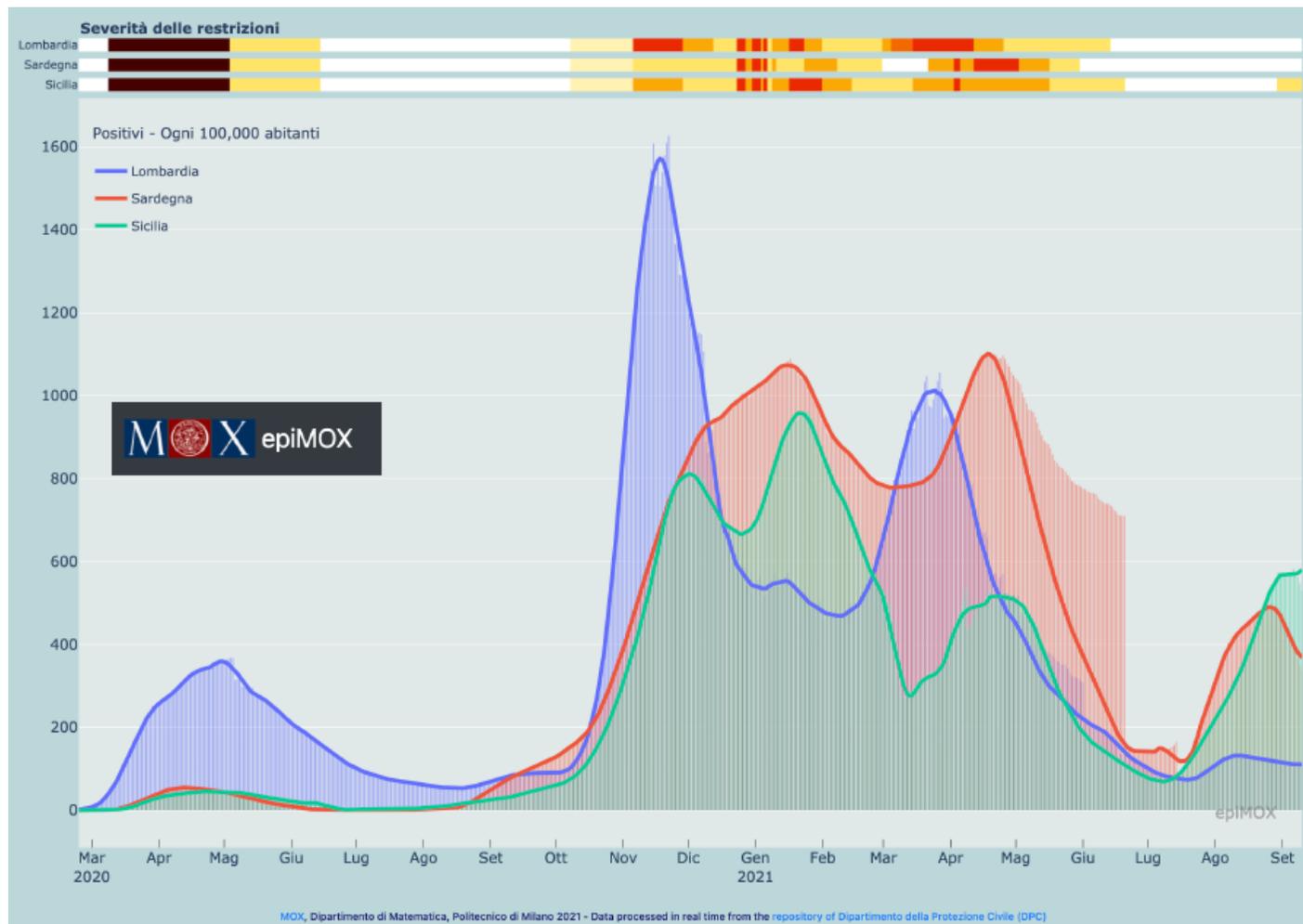
Mentre i secondi sono delle “black-box”, dal momento che l’algoritmo estrae in modo automatico ma non comprensibile dall’uomo la ricchezza contenuta nei dati, i primi sono delle “white box”, basate su principi primi, conoscenza fisica e comprensione meccanicistica dei processi rappresentati.

L’universo physics-based e quello data-driven, d’altra parte, non sono inconciliabili fra loro (vedi Figura). Al contrario, molte interazioni sinergiche sono possibili, come si evince dalla Figura sotto



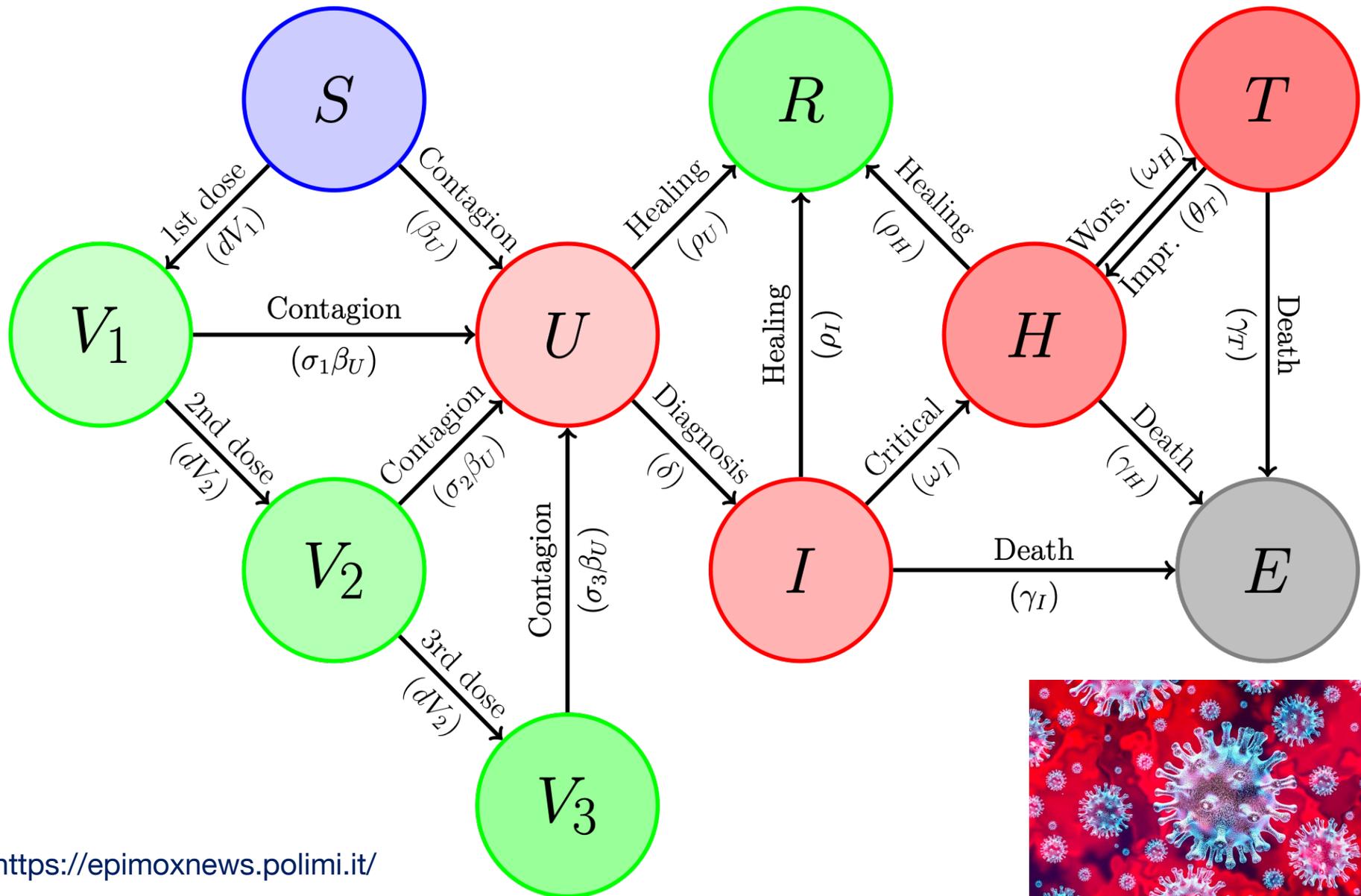
Quando si tratta di decidere se affidarsi ai modelli basati sulla fisica o sui dati, non esiste una risposta univocamente valida. Molto spesso, il punto di ottimo sta nel mezzo: basarsi sulla conoscenza fisica – se disponibile – quando si ha un ragionevole grado di confidenza in essa, e utilizzare i dati disponibili per colmare il *gap* di conoscenza. Tale cooperazione virtuosa prende il nome di *data-models fusion* (vedi Figura 7). Come dire che esperienza (quella espressa dai dati) e teoria (quella codificata dalle leggi fisiche) trovano maggiore efficacia nella loro sintesi. Alcuni esempi di modelli basati sulla fisica o sulla fusione dati e fisica sono rappresentati nelle Figure seguenti



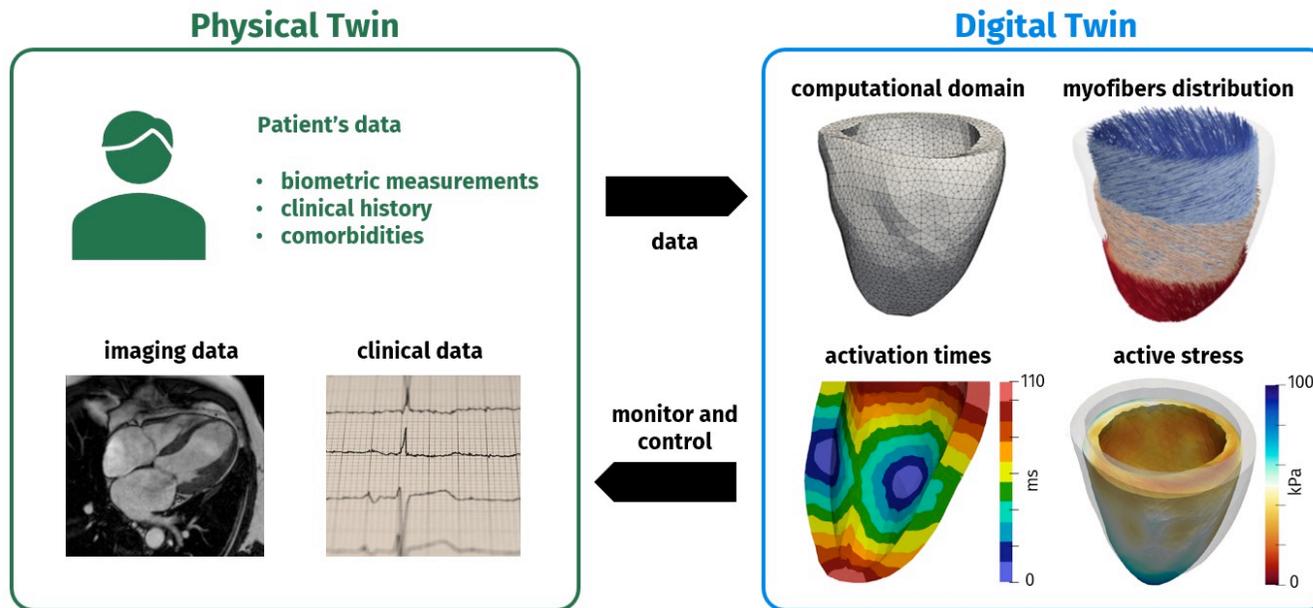


La figura rappresenta una schermata di epiMOX, una piattaforma sviluppata presso il Laboratorio MOX e che permette di visualizzare e analizzare i dati relativi all'evoluzione della pandemia COVID-19 a livello nazionale e regionale, rappresentare indicatori critici ed effettuare previsioni e analisi di scenario sull'evoluzione futura della pandemia (<https://www.epimox.polimi.it/>).

Un modello epidemiologico per Covid-19



<https://epimoxnews.polimi.it/>



I GEMELLI DIGITALI (DIGITAL TWINS)

La sempre maggior diffusione dell'IA e dei modelli matematici sta portando all'affermazione del paradigma del *digital twin* (il “gemello digitale”). Citando il AIAA Institute Position Paper 2020, il digital twin è definito come **un insieme di costrutti di informazioni virtuali che mimano struttura, contesto e comportamento di un individuo (o un asset fisico), aggiornato dinamicamente grazie ai dati che gli derivano dal suo *physical twin* durante l'intero ciclo di vita e grazie a decisioni informate che generano valore.** Elemento caratterizzante del *digital twin* è il **dialogo bidirezionale e continuativo con l'entità fisica rappresentata**: da una parte, il gemello digitale fornisce informazioni per monitorare e controllare attivamente il gemello fisico, dall'altra le misure prese tramite opportuni sensori aggiornano in tempo reale la rappresentazione interna del gemello digitale, rendendolo una replica sempre più accurata della controparte fisica

Grazie