

CENTRO STUDI

 **TIM**

# L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE IN ITALIA

Mercato, Innovazione, Sviluppi



**CENTRO STUDI**



con il contributo di



Centro Studi TIM

Con il contributo di Intesa Sanpaolo Innovation Center

Roma, 5 dicembre 2023

# Indice

Introduzione	5	Una valutazione globale dell'impatto dell'AI	38
<b>CAPITOLO 1</b>	<b>6</b>	L'utilizzo della AI per la sostenibilità ambientale	40
Il mercato dell'AI: lo scenario	6	Una stima degli impatti dell'AI sulle emissioni di gas serra	43
Un mercato in forte crescita a livello mondiale	6	<b>CAPITOLO 4</b>	<b>49</b>
Anche in Italia il mercato presenta una crescita sostenuta	8	L'AI nel mondo delle Telco	49
Servizi finanziari e retail tra i maggiori utilizzatori di AI in Italia, ma crescerà l'uso anche in ambito sanitario e nei servizi pubblici	10	Le più tipiche applicazioni di AI per un operatore di TLC	49
<b>CAPITOLO 2</b>	<b>16</b>	I benefici dell'intelligenza artificiale per un operatore TLC	53
L'ecosistema dell'AI: tecnologie e sviluppi	16	Stime di impatto dell'AI sul business degli operatori di telecomunicazione	55
Funzionalità dell'AI	17	L'andamento del settore delle telecomunicazioni in Italia	58
Ambiti di applicazione dell'AI	20	I benefici dell'intelligenza artificiale sugli operatori TLC italiani	61
La diffusione dell'AI nelle aziende europee: il fattore dimensionale	22	La spinta dell'intelligenza artificiale al consumo di Cloud	62
<b>CAPITOLO 3</b>	<b>26</b>	<b>CAPITOLO 5</b>	<b>66</b>
Impatti dell'AI: sviluppo economico e sostenibilità ambientale	27	L'innovazione in USA, Cina ed Europa	66
Le potenzialità dell'AI	27	L'accelerazione degli investimenti nell'AI: dalla ricerca accademica a quella industriale	66
Gli effetti dell'AI sul mondo del lavoro	27	Le direttrici di investimento	69
Una stima degli impatti dell'AI sul PIL	30	La corsa tra Stati Uniti e Cina per conquistare la leadership dell'AI	72
AI e sostenibilità: una rassegna dei principali studi sul tema	34		
L'impronta ambientale dei Data Center	37		

Il ruolo dell'Europa	75
Diversi contesti, diversi approcci regolamentari, diversi modelli di AI	78
<b>CAPITOLO 6</b>	<b>84</b>
AI in Europa: un modello etico	84

Il ruolo dell'UE nello sviluppo e nella regolazione dell'AI	84
Proposte per rafforzare un utilizzo responsabile dell'intelligenza artificiale nella PA	90
<b>APPENDICE</b>	<b>99</b>
TIM AI Challenge	99

# Introduzione

Per quanto il futuro sia imprevedibile, l'evoluzione rappresentata dall'Intelligenza Artificiale ci è stata annunciata da tempo. Scienziati, inventori, artisti e letterati del passato hanno immaginato e descritto società in cui l'uomo è affiancato da automi più o meno sviluppati in grado di svolgere attività in modo apparentemente indipendente ed autonomo. Replicanti dalle sembianze umane e computer con una voce suadente in grado di interagire con un livello di conoscenza superiore rispetto alle persone di fronte a loro. E nonostante non esista una definizione universalmente accettata e condivisa dell'intelligenza artificiale (così come – più in generale – per l'intelligenza), il termine è stato coniato addirittura negli anni 50, un decennio fertile per la storia della tecnologia, da cui hanno preso le mosse Internet e la conquista dello spazio.

Oggi questo sviluppo, fino a ieri soltanto immaginato, è diventato più credibile grazie ai progressi nelle tecnologie dei big data e del cloud, alla disponibilità di reti in grado di fornire risposte in tempo reale, alla potenza di calcolo, all'evoluzione della robotica e della sensoristica che hanno reso smart gli ambienti domestici, le città, le fabbriche, le auto, oggetti ed abiti. La novità rappresentata dall'Intelligenza Artificiale Generativa, così definita perché in grado di creare diversi tipi di contenuti in risposta a specifiche richieste, rappresenta pertanto solo un gradino in più nel percorso, per quanto bisogna riconoscere che abbia avuto il merito di diffondere e rendere concreto tale sviluppo nell'opinione pubblica.

La potenza, la pervasività crescente dell'AI e la sua potenziale applicazione a quasi tutti i contesti della vita quotidiana e del lavoro ci impongono di considerare tuttavia non solo gli aspetti tecnologici, ma anche il tema della governance di questa tecnologia al fine di evitare distorsioni ed impieghi improntati a comportamenti non etici.

In questo quadro, gli operatori di telecomunicazione rappresentano un punto di riferimento importante per lo sviluppo di questa tecnologia. L'impiego dell'AI si è focalizzato prevalentemente su aspetti operativi, come ad esempio sulla gestione e l'efficientamento del traffico. Tuttavia, le potenzialità offerte dalle reti 5G e dall'Edge Cloud Computing, ad esempio nella trasformazione intelligente di ambienti urbani e di contesti produttivi, hanno permesso di aprire una differente prospettiva che sta guidando gli operatori di telecomunicazione verso un utilizzo più intenso di tale tecnologia.

Partendo da tali premesse, questo rapporto si pone l'obiettivo di fornire un quadro sintetico delle prospettive di mercato, descrivendo gli sviluppi in corso ed individuando le traiettorie di sviluppo e di innovazione, focalizzando l'attenzione in particolare sull'Italia. Il documento contiene anche un approfondimento sull'adozione della tecnologia AI nel settore delle telecomunicazioni e gli impatti che ne possono discendere in termini di riduzione di CO2 ed è completato da una riflessione sul quadro normativo e sulle ricadute in termini di gestione ed utilizzo dei dati.

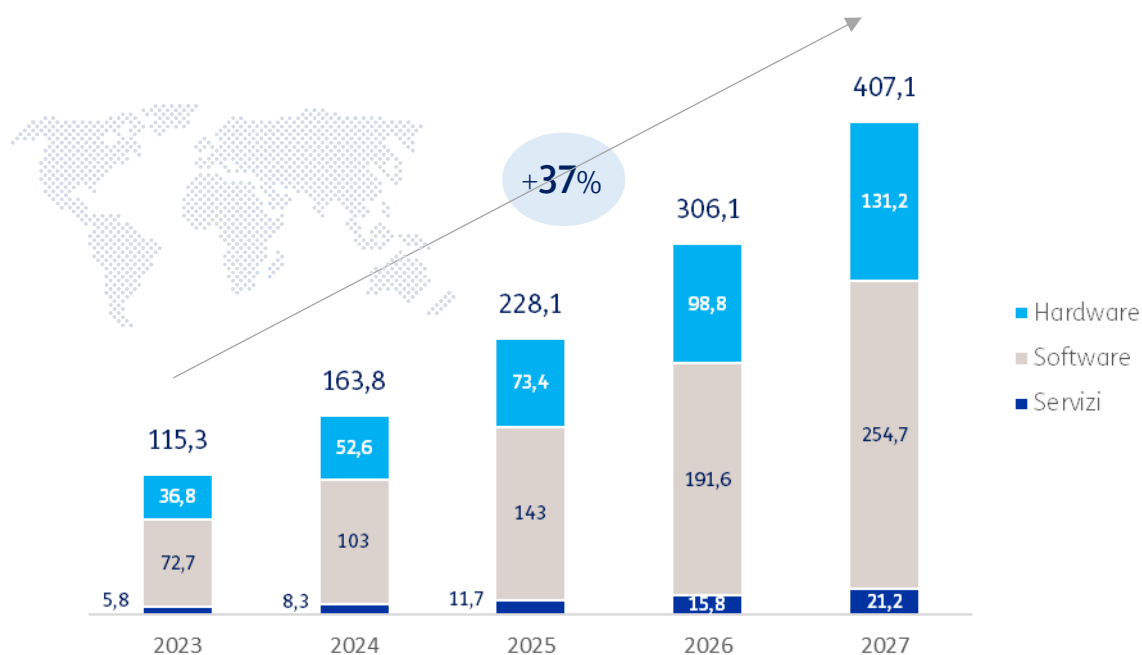
## CAPITOLO 1

## Il mercato dell'AI: lo scenario

## Un mercato in forte crescita a livello mondiale

Il mercato dell'intelligenza artificiale (AI<sup>1</sup>) è previsto in forte crescita a livello globale. Dai 115 miliardi di euro del 2023 si prevede che crescerà ad un tasso di crescita medio annuo del 37% sino al 2027 quando raggiungerà i 407 miliardi di euro. Una crescita intensa, dovuta alla profonda pervasività dell'AI che troverà applicazione in quasi tutti i comparti ed ambiti produttivi, nelle attività quotidiane, nei contesti urbani, trasformando profondamente le nostre società e le nostre abitudini di vita, dal divertimento al lavoro.

Spesa globale in Intelligenza Artificiale (Miliardi di euro)



Fonte: Elaborazioni Centro Studi TIM su dati Markets & Markets, Oxford Economics

<sup>1</sup> Artificial Intelligence



Il mercato dell'AI è formato da tre componenti principali:

- una componente **Hardware**, che include processori, microprocessori, schede grafiche, memorie, schede di rete;
- una componente **Software**, costituita prevalentemente da applicazioni;
- una parte di **servizi professionali** in cui rientrano servizi di installazione, la system integration, l'assistenza & supporto tecnico e la consulenza.

La componente software è quella predominante a livello mondiale, con un valore di mercato quasi doppio di quello dell'hardware, mentre i servizi rappresentano al momento, ma anche nelle previsioni a medio termine, una parte ancora marginale del mercato<sup>2</sup> (il 5% del totale).

Un approfondimento lo merita il mercato del software, che è costituito per il 63% dalle piattaforme di *Machine Learning*, un processo che attraverso una gamma di algoritmi e metodologie di analisi di modelli complessi è in grado di estrarre informazioni da grandi set di dati che sono alla base dell'addestramento delle piattaforme di AI. I sistemi AI risiedono per l'80% sul cloud dove vengono addestrati ai loro compiti. Le applicazioni degli utenti vi accedono tramite API – Application Programming Interface - che ne semplificano l'uso e lo rendono più fruibile. Tale modello di sviluppo, basato su cloud e API, consente di costruire sistemi scalabili, interattivi e compatibili tra loro, minimizzando gli interventi correttivi necessari per implementare un sistema di AI contribuendo a rendere il mercato delle applicazioni AI quello a maggiore crescita nell'ambito del software (il tasso medio di crescita annua previsto per il periodo 2022-2027 è del 37,1%).

L'accesso in cloud in modalità *as a service* è un fattore che permette di diffondere l'utilizzo delle soluzioni AI dalle grandi imprese alle PMI, che possono così beneficiare di sistemi di intelligenza artificiale anche senza avere al proprio interno tutte le competenze necessarie per costruirli e gestirli, come avviene più frequentemente nella Big Industry. Pertanto, se le grandi imprese continueranno a dominare il mercato, con una quota del 61% al 2027, le PMI rappresentano invece il segmento maggiormente in espansione, con una crescita prevista al 2027 del 37,5%.

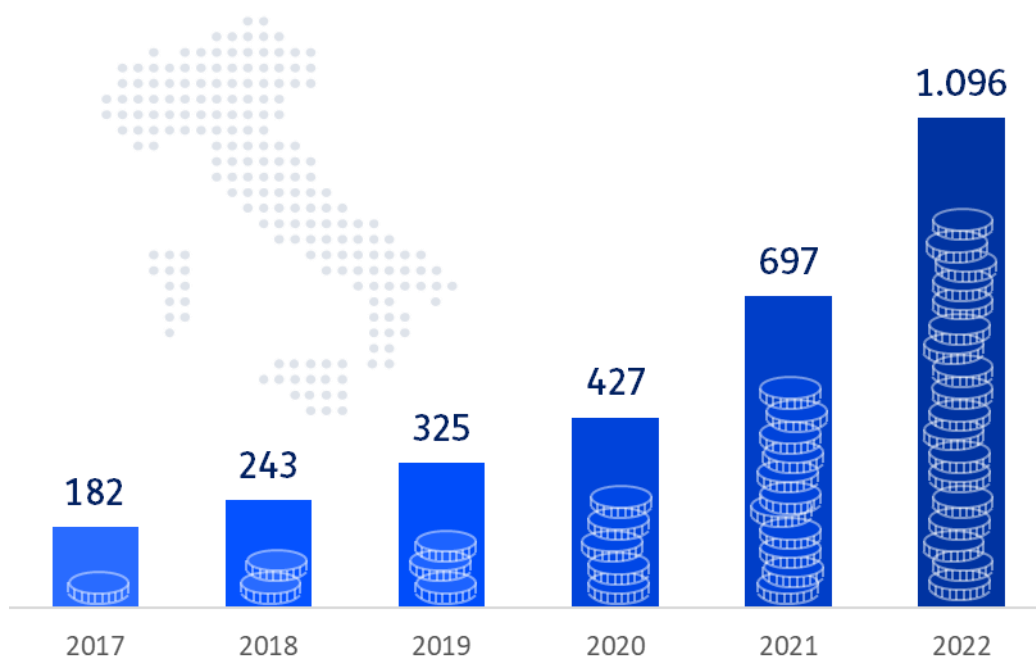
---

<sup>2</sup> Markets & Markets (2022)

## Anche in Italia il mercato presenta una crescita sostenuta

La stima del mercato dell'AI in Italia varia a seconda dei perimetri di riferimento. Se consideriamo una definizione più completa, che include tutte le componenti che costituiscono il mercato (dall'hardware ai servizi), il valore dell'AI in Italia nel 2022 aveva superato il miliardo di euro, con un tasso di crescita medio annuo di oltre il 40% nei cinque anni precedenti.

La dimensione del mercato AI In Italia: 2017-2022 (Mln €)



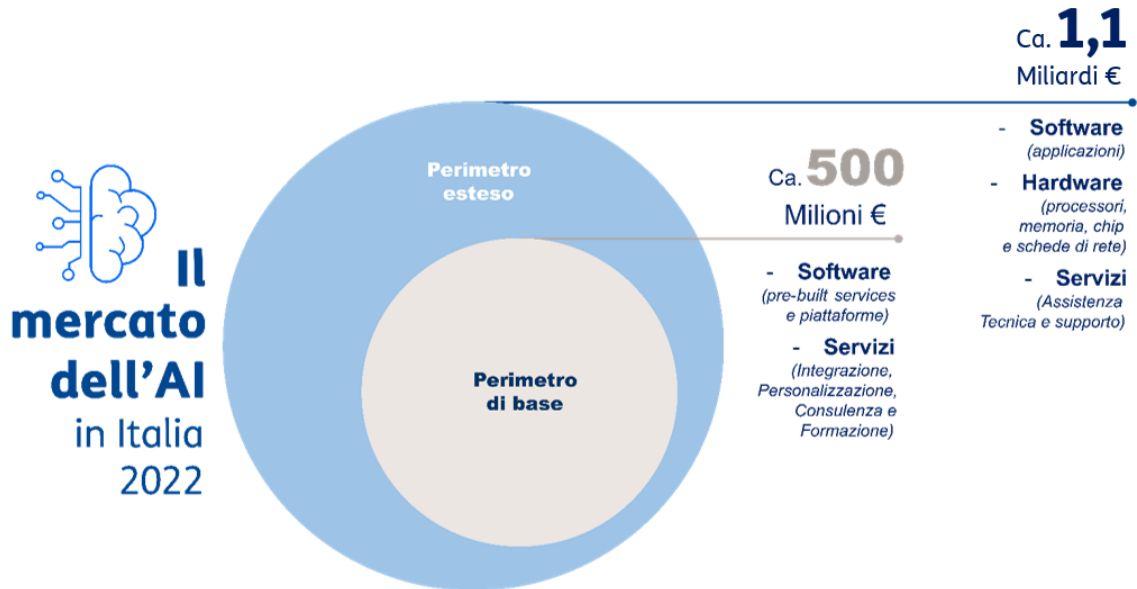
Fonte: Elaborazioni Centro Studi TIM su dati Markets & Markets, Oxford Economics

Altre stime basate su un perimetro più ristretto riportano valori più contenuti, come illustrato nella figura successiva.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Mercato di riferimento in Italia considera nella stima più ampia le aziende multinazionali presenti in Italia



## Il perimetro del mercato AI In Italia

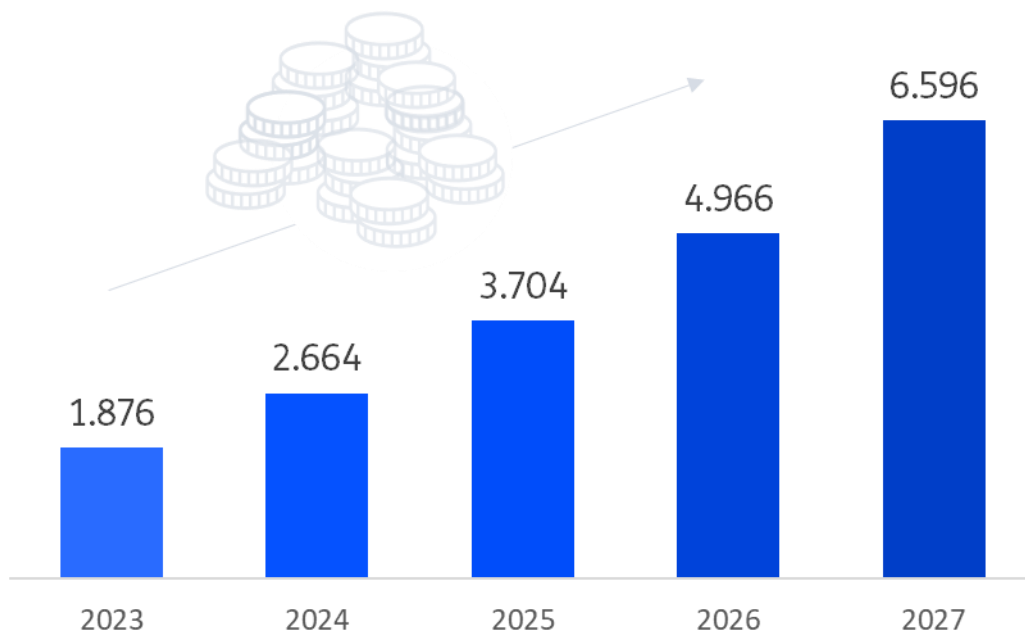


Fonte: Elaborazioni Centro Studi TIM su dati Markets & Markets; Assintel; Politecnico di Milano e Anitec-Assinform

Per quanto riguarda le previsioni, anche in Italia l'AI presenta un andamento in linea con quanto osservato a livello mondiale, con una previsione di crescita media annua del 37% nel periodo 2023 – 2027. Si stima che il valore possa superare i 6,5 miliardi di euro nel 2027, con una crescita di 3,5 volte in soli 4 anni.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Markets & Markets (2022)

La previsione di crescita per il mercato AI In Italia: 2023-2027 (Mln €)



Fonte: Elaborazioni Centro Studi TIM su dati Markets & Markets, Oxford Economics

## Servizi finanziari e retail tra i maggiori utilizzatori di AI in Italia, ma crescerà l'uso anche in ambito sanitario e nei servizi pubblici

Il settore *Finance* (banche, servizi finanziari ed assicurativi) ed il Retail rappresentano al momento i due segmenti trainanti nella diffusione dell'AI. A questi si aggiunge il settore della manifattura industriale. Questi tre ambiti rappresentano insieme quasi la metà del mercato italiano dell'AI.



**L'AI NEL SETTORE BANCARIO, FINANZIARIO ED ASSICURATIVO.** Nel mondo bancario e assicurativo l'AI trova impiego soprattutto come sistema di supporto al credit risk assessment, ma anche come strumento di rilevamento e di contrasto alle frodi, un aspetto che mina alla base il settore, ripercuotendosi su tutti i clienti in forma di aumento dei costi. Un altro ambito di applicazione è l'automazione dei processi di business, in cui l'AI ha trovato impiego in una prima fase per attività di verifica e controllo di grandi volumi di informazioni (*data analytics*), per poi orientarla progressivamente verso compiti più complessi, come ad esempio l'interazione con la clientela attraverso i chatbots che forniscono una prima risposta alle richieste di

supporto fornendo informazioni di base ed instradando le questioni meno semplici verso le strutture di customer care.



**L'AI NEL SETTORE DEL COMMERCIO AL DETTAGLIO E DISTRIBUZIONE.** La crescita della popolarità dell'eCommerce è stata invece la molla che ha guidato la diffusione di soluzioni di AI nell'ambito delle vendite al dettaglio e nella distribuzione. La personalizzazione spinta delle offerte e delle proposte grazie all'AI è un modo molto efficace di arricchire l'esperienza dei clienti per accrescere la loro soddisfazione negli acquisti online e fidelizzarli. L'AI è lo strumento utilizzato per scandagliare i ricchi bacini di dati per le imprese che offrono servizi di eCommerce, in modo da apprendere da comportamenti, gusti ed interessi dei clienti<sup>5</sup> e aumentare il tasso di successo nella vendita di prodotti e servizi.

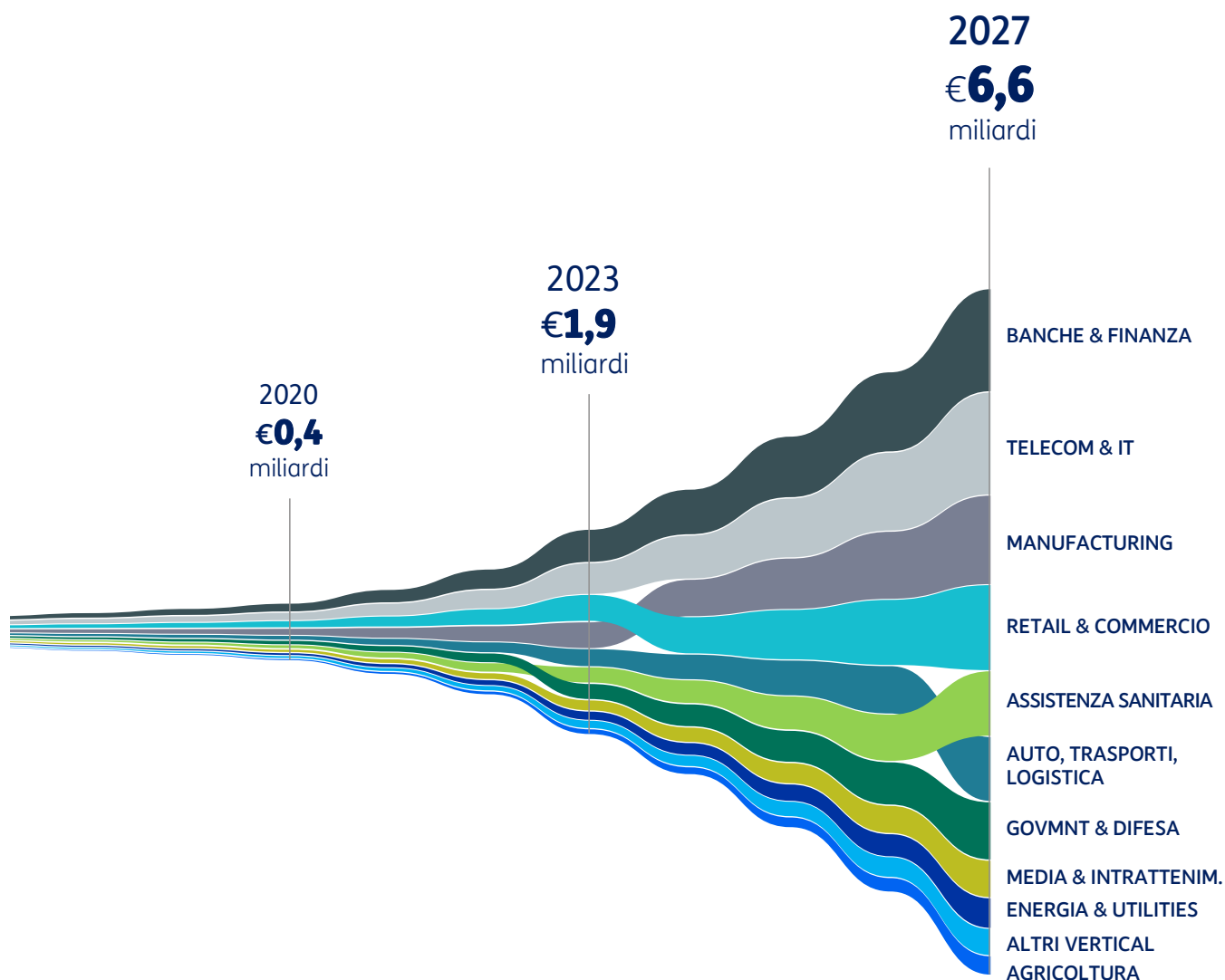


**L'AI NEL SETTORE DELLA PRODUZIONE/MANIFATTURA.** Nell'ambito della produzione industriale l'AI trova applicazione soprattutto nella manutenzione predittiva dei macchinari e nel controllo di qualità di prodotti e semilavorati, individuando con estrema precisione articoli difettosi e non conformi. In prospettiva, l'integrazione dell'AI con la robotica apre la prospettiva di *cobots*, robot collaborativi in grado non solo di effettuare determinati compiti ripetitivi, ma anche di interagire con gli addetti o di operare attività più complesse che presentano elevati rischi per la sicurezza sul lavoro.

---

<sup>5</sup> Processo di Know Your Customer (KYC)

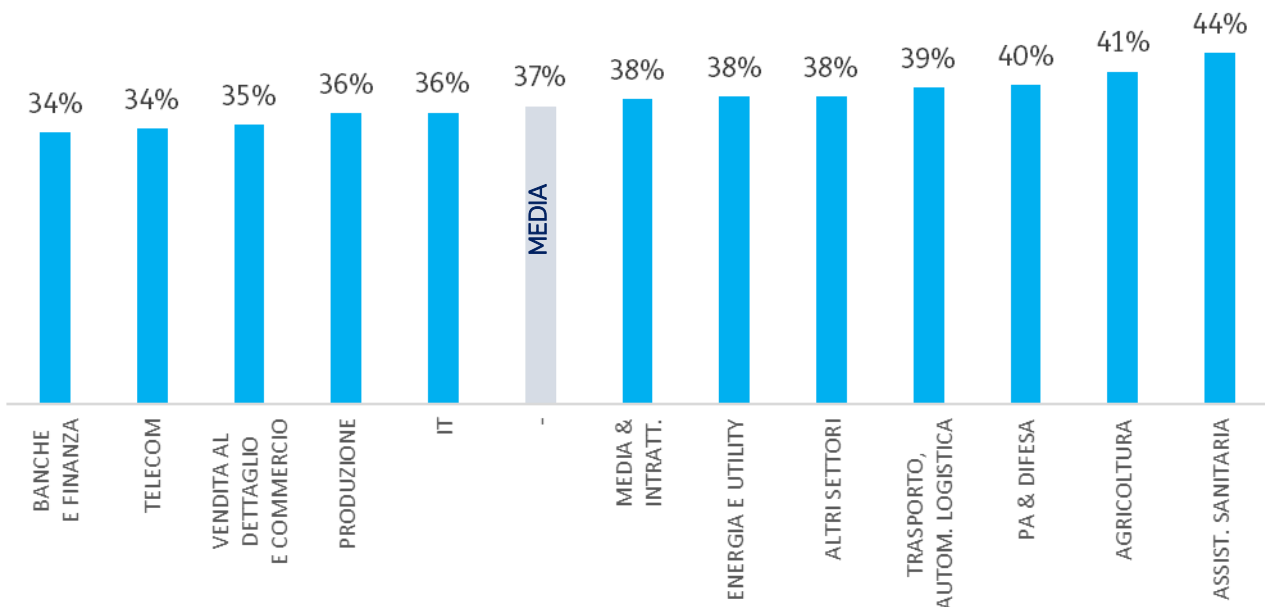
L'evoluzione del mercato AI in Italia nei diversi settori



Fonte: Elaborazioni Centro Studi TIM su dati Markets & Markets, Oxford Economics

Questi tre segmenti rappresentano oggi quelli a più alta spesa in soluzioni di AI e rimarranno tali anche al 2027, quando il loro peso complessivo sarà parzialmente controbilanciato dall'emergere di altri settori in cui l'uso dell'AI è oggi ancora in fase embrionale, come ad esempio l'assistenza sanitaria, l'agricoltura e i servizi della pubblica amministrazione, tutti segmenti di mercato in cui si prevede un tasso di crescita medio annuo superiore al 40% della spesa in AI.

## L'AI nei diversi settori del mercato



Fonte: Elaborazioni Centro Studi TIM su dati Markets & Markets

La crescita dell'uso dell'AI nel settore sanitario è confermata anche da altri osservatori che si concentrano sul modo in cui l'impiego di questa tecnologia potrà contribuire a migliorare il lavoro:

un rapporto PWC<sup>6</sup> del 2017 già indicava, tra i settori maggiormente investiti dall'AI il commercio al dettaglio i servizi finanziari l'assistenza sanitaria. Tutti questi rappresentavano degli ambiti estremamente promettenti visto che l'intelligenza artificiale aumenta la produttività, la qualità dei prodotti e il consumo.

Anche McKinsey<sup>7</sup> indica banche, assistenza e ricerca sanitaria-- a cui aggiunge i comparti del High Tech-- tra i settori in cui l'applicazione dell'intelligenza artificiale generativa potrebbe avere un impatto maggiore in termini di ricavi. Tuttavia, sottolinea, l'intelligenza artificiale generativa avrà un impatto significativo più o meno in tutti i settori industriali in quanto ha il potenziale di cambiare l'anatomia del lavoro, potenziando le capacità di singoli lavoratori e automatizzando alcune delle loro attività individuali; l'AI generativa unita a nuove tecnologie che sono ancora in fase di sviluppo potrà automatizzare le attività lavorative più ripetitive e routinarie che assorbono dal 60 al 70% del

<sup>6</sup> Sizing the prize - What's the real value of AI for your business and how can you capitalise?, PWC, 2017

<sup>7</sup> The economic potential of generative AI - The next productivity frontier, McKinsey, June 2023

tempo dei dipendenti. E questo potrà avvenire in tutte le funzioni aziendali, con particolare riferimento a customer care, marketing e vendite, sviluppo software (ad esempio con la creazione di codice informatico basato su suggerimenti in linguaggio naturale), e ricerca e sviluppo.

Infine, un recente studio di European House Ambrosetti<sup>8</sup> evidenzia che in Italia i settori più maturi sono quello dei servizi finanziari, la manifattura, la salute e le scienze della vita e l'ICT. Tra i processi aziendali che potranno maggiormente beneficiare di questa tecnologia, in prima linea si trovano ricerca e sviluppo, progettazione e customer service.

---

<sup>8</sup> AI 4 Italy: impatti e prospettive dell'intelligenza artificiale generativa per l'Italia e il Made in Italy, The European House Ambrosetti in collaborazione con Microsoft, 2023



# **CAPITOLO 2**

---

L'ecosistema dell'AI:  
tecnologie e sviluppi

## CAPITOLO 2

## L'ecosistema dell'AI: tecnologie e sviluppi

L'AI si compone di diverse funzionalità che hanno subito un forte sviluppo negli ultimi anni, soprattutto grazie ai **progressi registrati dai chipset** che sono diventati sempre più efficienti e si sono specializzati sulla intelligenza artificiale.

Un lavoro di raccolta di dati sulle performance dei sistemi di AI,<sup>9</sup> mostra come già dal decennio scorso i risultati in termini di riconoscimento di testi, audio ed immagini, così come nelle simulazioni e nei giochi strategici avessero raggiunto già allora risultati paragonabili se non superiori ai livelli umani. Da allora gli studi e le analisi mirate a comprendere l'evoluzione dei sistemi di AI si sono concentrati su caratteristiche sempre più fini, come ad esempio, il riconoscimento degli oggetti (*object recognition*), il tracciamento di oggetti da video riprese da diverse fonti, l'identificazione di un utente (*speaker recognition, face recognition*), la generazione di immagini (*image generation*) ma anche la loro analisi per identificarne la veridicità (*deepfake recognition*).

Gli enormi progressi nella capacità di calcolo dei processori hanno permesso il lancio di applicazioni e soluzioni che senza saperlo già utilizziamo (ad esempio sui nostri smartphone) e che quindi oggi non rappresentano quasi nemmeno una novità (es. il riconoscimento facciale per sbloccare un telefono). In un certo senso, anche nella nostra vita quotidiana, abbiamo già imparato ad accettare l'esistenza di un'intelligenza artificiale con la quale poter interagire per chiedere ed ottenere risposte che riteniamo per lo più affidabili, approfondire aspetti e aumentare la nostra conoscenza, aiutarci a monitorare ed analizzare dati come quelli sulla nostra salute.

**Questa intelligenza è a portata di mano e spesso invisibile all'utilizzatore, che ne usufruisce sul proprio smartphone o sul *digital assistant* di casa a volte senza nemmeno saperlo.**

Una tecnologia che certamente dobbiamo imparare a conoscere ed utilizzare al meglio, ma che è in grado di migliorare le nostre società destinata a diventare una *General Purpose Technology* come è accaduto altre volte nella storia dell'umanità con l'introduzione del vapore, dell'elettricità, dei computer e di internet.

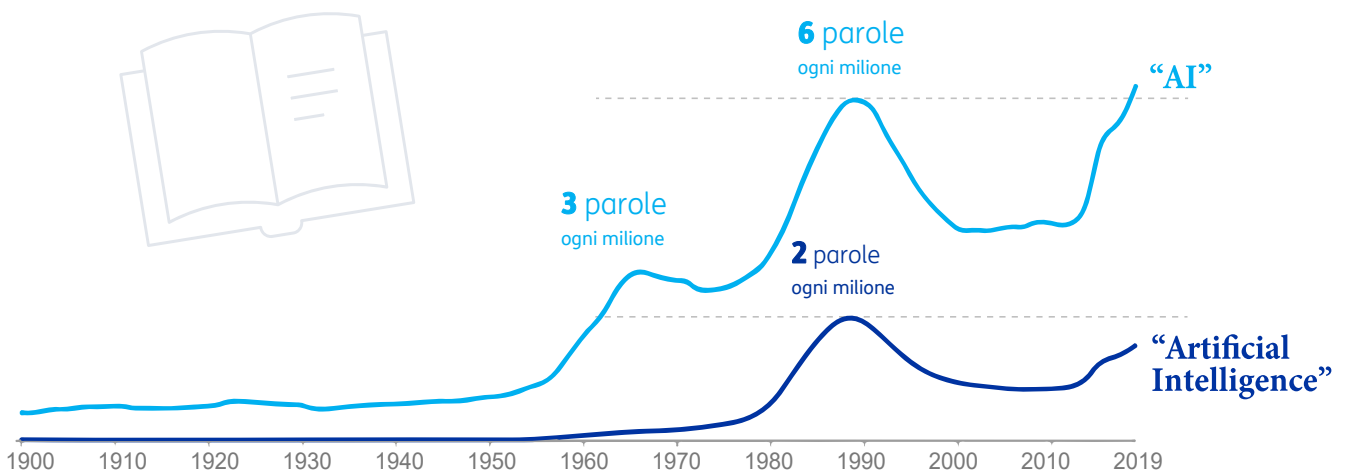
---

<sup>9</sup> Peter Eckersley, Yomna Nasser et al., Electronic Frontier Foundation, AI Progress Measurement Project, (2017-) <https://eff.org/ai/metrics>, accessed on 2017-09-09,

### Funzionalità dell'AI

La definizione di Intelligenza Artificiale nasce negli anni 50<sup>10</sup> del secolo scorso, in un decennio molto fertile per la storia della tecnologia e delle innovazioni. Dopo un picco di popolarità negli anni 80-90, probabilmente dovuto alle celebri sfide di scacchi tra campioni e computer, l'attenzione sull'intelligenza artificiale è andata gradualmente affievolendosi fino alla metà del decennio 2010-2020, quando l'interesse su questa tecnologia (identificata nel frattempo quasi ovunque dall'acronimo AI o AI, a seconda delle lingue) è tornato a crescere. Questa dinamica è ben descritta dal grafico che evidenzia l'utilizzo del termine nelle pubblicazioni indicizzate in Google Books, senza grandi differenze in termini di andamento tra le diverse lingue. Pur considerando che nelle occorrenze AI ricorrono anche termini non riferiti ad intelligenza artificiale, negli ultimi anni si vede una frequenza che nelle pubblicazioni in inglese cresce fino a 6 parole ogni milione (per un confronto, il termine internet nello stesso bacino di ricerca arriva a 14 parole ogni milione).

#### Utilizzo dei termini "AI" e "Artificial Intelligence" nelle pubblicazioni del 1990-- 2019



Fonte: Google Books Ngram Viewer

Tra le diverse funzionalità che definiscono l'AI, ne possiamo identificare alcune che rappresentano le basi di servizi comunemente usati:

<sup>10</sup> Il primo laboratorio sull'Intelligenza Artificiale nasce nel 1956 presso il MIT di Boston



Il **Machine Learning** (apprendimento automatico) è una tecnologia che consente ai sistemi AI di apprendere dai dati e migliorare le proprie prestazioni senza programmazione esplicita. Comprende una gamma di algoritmi e metodologie che analizzano modelli complessi ed estraggono informazioni da grandi set di dati. Il machine learning necessita di una fase di addestramento o apprendimento dai dati emulando la formazione della conoscenza del cervello umano. Questa fase permette alle macchine di specializzarsi nel loro campo di applicazione diventando “intelligenti”. Il machine learning può essere realizzato con diverse metodologie che prevedono diversi livelli di supervisione umana (es. supervised learning, reinforcement learning ecc.). Un particolare sottoinsieme del machine learning è quello del *deep learning* che si basa sull'utilizzo di reti neurali, modelli matematici che imitano in forma semplificata il comportamento dei neuroni del cervello umano per risolvere problemi che richiedono l'analisi di grandi quantità di dati, anche non strutturati, come ad esempio nel campo del Natural Language Processing e della Computer Vision.



L'**elaborazione del linguaggio naturale** (Natural Language Processing) è una tecnologia che consente di analizzare e comprendere il linguaggio umano. Con la grande quantità di dati vocali e testuali disponibili su diversi canali, i sistemi NLP sfruttano algoritmi di machine learning per interpretare ed elaborare i dati, consentendo risposte automatiche in linguaggio naturale sia verbale che scritto. I chatbot ne sono l'applicazione di maggior successo fornendo risposte automatiche in contesti quali il caring dei clienti in modalità 24x7. Viene ampiamente utilizzata in dispositivi di uso comune come Alexa o Google Home.



La **visione artificiale** (Computer Vision) è una tecnologia che consente ai computer di acquisire una comprensione di alto livello dei dati visivi, simile alla percezione umana e all'interpretazione delle informazioni visive. La visione artificiale include il riconoscimento delle immagini, il rilevamento e il tracciamento degli oggetti, il riconoscimento facciale, la comprensione delle scene. Viene usata per sistemi di guida autonoma o semiautonoma (es. riconoscimento delle linee e segnaletica stradale).



La **consapevolezza del contesto** (Context Awareness) consente ai sistemi di intelligenza artificiale di comprendere e rispondere all'ambiente in cui operano. Implica l'utilizzo di sensori e dati avanzati per migliorare il processo decisionale e creare esperienze personalizzate. È alla base dell'uso di robot per usi industriali o domestici piuttosto che per realizzare contesti automatizzati in diversi ambiti (es. carrelli automatici nella logistica industriale).



A queste componenti si è di recente aggiunto il **Generative AI** (intelligenza artificiale generativa) che permette di creare contenuti editoriali di diversa natura (scrittura, contenuti visivi e multimediali) basati sull'apprendimento e la generazione di una semantica generata sulla base di grandi modelli di linguaggio (Large Language Models). I contenuti sono originali e presentati in linguaggio o forma naturale comprensibile agli umani, spesso indistinguibili da contenuti generati dagli umani stessi. Un grande impulso è stato dato da ChatGPT di OpenAI alla cui realizzazione hanno partecipato visionari dell'ambito AI e la stessa Microsoft. Si prevede una ampia diffusione di questo strumento, ad esempio nell'ambito della produttività aziendale a supporto della generazione di contenuti di tipo professionali (es. emails, documenti, analisi di mercato, presentazioni).

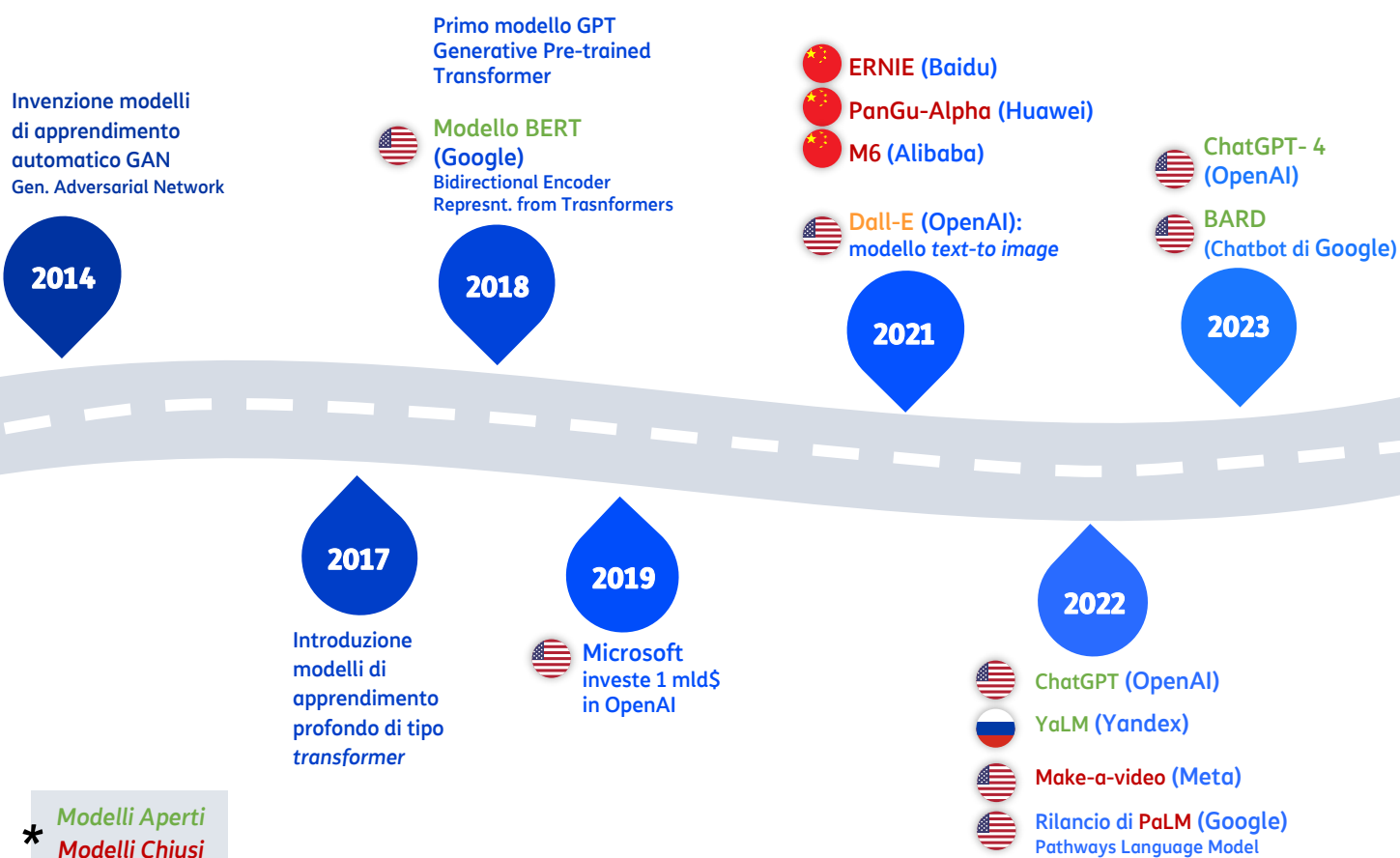
Come possiamo osservare, lo sviluppo e l'affinamento di queste tecnologie si basa sulla capacità di poter elaborare una grande mole di dati che permettono ai sistemi di imparare in forma autonoma. Questo è particolarmente evidente nei sistemi di machine learning il cui funzionamento non prevede un "programma" che attraverso delle informazioni di input generi un output, ma – al contrario – sulla base di input a cui è associato un output, sono in grado di comprendere la regola (il programma) che lega le due componenti.

*Un esempio è quello che avviene nella image recognition, per cui se la macchina è in grado di osservare una quantità smisurata di immagini a cui è associato il nome di "gatto" ed altrettante di animali differenti a cui non è invece associato questo nome, è in grado di apprendere e riconoscere autonomamente un gatto in una foto.*

Alla **grande quantità di dati** - che abbiamo imparato a raccogliere attraverso reti e sensori, archiviare nei cloud ed analizzare – è necessario associare una **elevatissima capacità di calcolo**, in modo da poter elaborare in tempo reale l'informazione. I progressi in questo campo, in particolare quelli realizzati da aziende come NVIDIA da sempre attive nel segmento della grafica per gaming, ma anche di produttori tradizionali come Intel e AMD, hanno portato le prestazioni dei chipset a livelli inimmaginabili sino a pochi anni fa ed hanno permesso il cambio di passo delle principali funzionalità dell'AI qui descritte.

**La combinazione di questi due ingredienti ha quindi permesso di alimentare ed addestrare i sistemi di AI e renderli sempre più efficienti e potenti.**

### Il “percorso” dei modelli di AI



Fonte: Elaborazione Centro Studi TIM su fonti varie e notizie di stampa

## Ambiti di applicazione dell'AI

La rapida diffusione di sistemi e soluzioni di AI, soprattutto nel mondo delle imprese, nasce dal miglioramento che può portare questa tecnologia in termini di efficienza dei processi e qualità dei prodotti e servizi offerti ai clienti.

Gli ambiti di applicazione dell'AI possono variare in funzione del diverso settore in cui operano le aziende e del differente modello operativo, ma possiamo già oggi identificare alcuni casi d'uso prevalenti. Un primo ambito di applicazione dell'AI è sicuramente nell'**automazione dei processi**, in particolare in quelle fasi che prevedono un'alta incidenza di attività ripetitive e routinarie, con un miglioramento d'efficienza in termini di maggiore velocità di esecuzione e riduzione del numero di errori. Già oggi e sempre di più nel prossimo futuro, questo tipo di applicazione potrà trovare sempre più spazio e integrarsi con gli sviluppi della robotica.

Un particolare tipo di automazione dei processi è quello degli assistenti conversazionali/chatbot che permette di fornire un primo livello di **interazione con i clienti**, offrendo risposte a richieste di facile



risoluzione ed indirizzando quelle più complesse ad un operatore umano. In questo caso l'AI deve fare ampio ricorso alle tecnologie di riconoscimento del linguaggio naturale in modo da poter interpretare correttamente la richiesta.

Anche l'**ottimizzazione della produzione industriale** è un ambito in cui possono essere identificati diversi casi d'uso. Un primo esempio è quello della gestione delle scorte e del magazzino, in cui attraverso l'elaborazione dei dati storici e l'analisi dei dati di contesto l'AI permette di fare delle valutazioni sull'andamento delle vendite e quindi di adeguare la produzione alla domanda effettiva. Il processo di ottimizzazione dipende dall'attività di ogni singolo settore. Nelle telecomunicazioni, ad esempio, l'AI può trovare applicazione nella previsione della domanda di traffico dati, come avviene ad esempio nelle città in funzione dei flussi di spostamento, permettendo di adeguare il funzionamento della rete attivando le risorse necessarie a gestire il maggiore o minore carico, con un conseguente risparmio energetico ed una ottimizzazione degli investimenti.

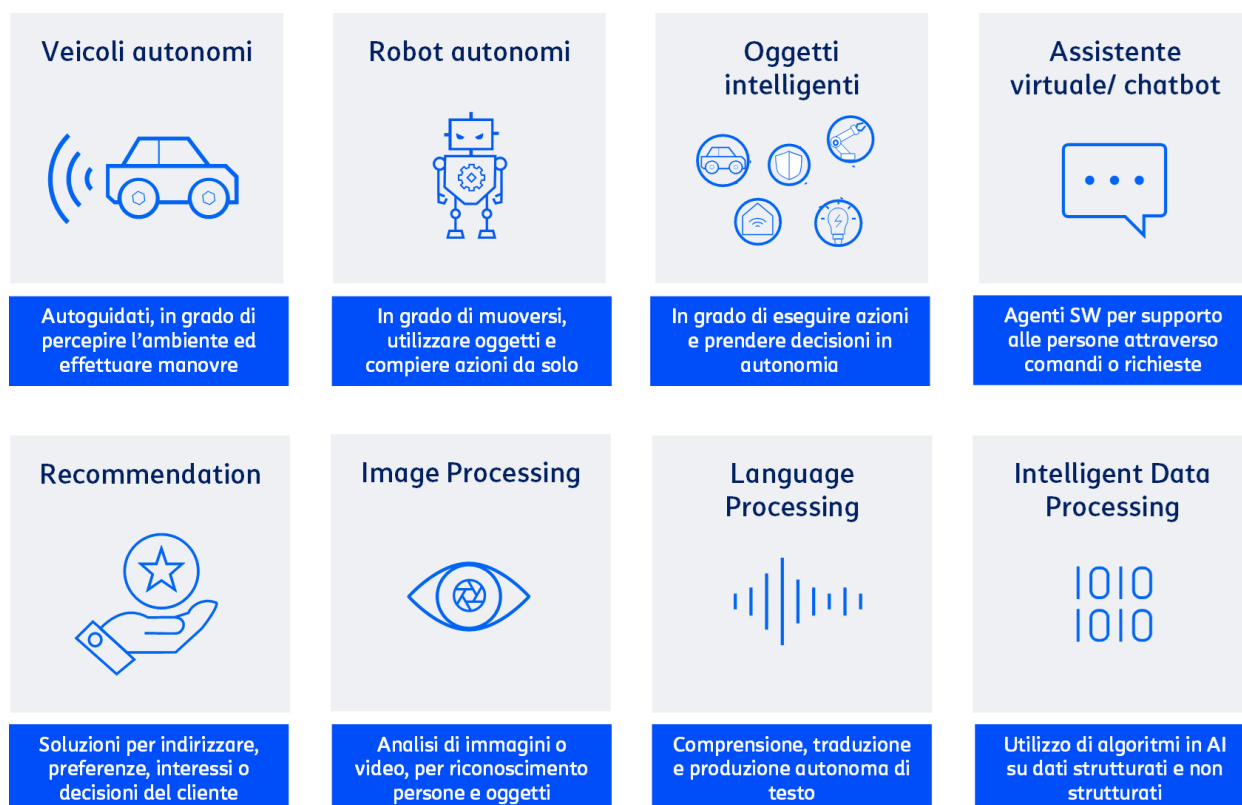
L'impiego dell'AI permette di incidere sui costi, migliorando le prestazioni e l'efficienza complessiva, ma l'AI può permettere anche un vantaggio in termini di ricavi. La conoscenza delle abitudini di consumo, di gusti, preferenze e comportamenti di acquisto permette di **personalizzare il servizio ai clienti**, fornendo loro raccomandazioni personalizzate con un mutuo beneficio: aumento della soddisfazione del cliente e maggiore efficacia dell'azione commerciale dell'impresa.

In generale, la conoscenza che può essere estratta dagli enormi bacini di dati può **migliorare l'efficacia delle attività di marketing** delle aziende che attraverso algoritmi sono in grado di individuare cluster o segmenti di mercato non completamente sfruttati, possono scoprire nuove relazioni nelle modalità di acquisto dei clienti, identificando la necessità di nuove soluzioni e servizi.

La capacità di estrarre informazioni da fonti strutturate e non strutturate rende l'AI un valido strumento di **supporto alle decisioni aziendali**, in cui attraverso sistemi di *intelligent data processing* è possibile fare delle scelte informate e mirate.

La **sicurezza** è un ambito di applicazione dell'AI vastissimo. L'analisi dei dati permette di evidenziare anomalie o comportamenti inconsueti, segnali dietro i quali spesso possono nascondersi frodi, illeciti o anche incidenti informatici. La capacità di estrarre informazioni dalle immagini e dai video permette di progettare sistemi di sorveglianza efficaci, che possono trovare impiego per migliorare la sicurezza nei contesti urbani, delle strade, delle infrastrutture e dei mezzi di trasporto. La raccolta e l'elaborazione dei dati provenienti dalle reti di sensori consente di monitorare costantemente un processo, un territorio, un ambito evidenziando la necessità di interventi manutentivi o segnalando criticità.

### Le applicazioni dell'intelligenza artificiale



Fonte: Centro Studi TIM

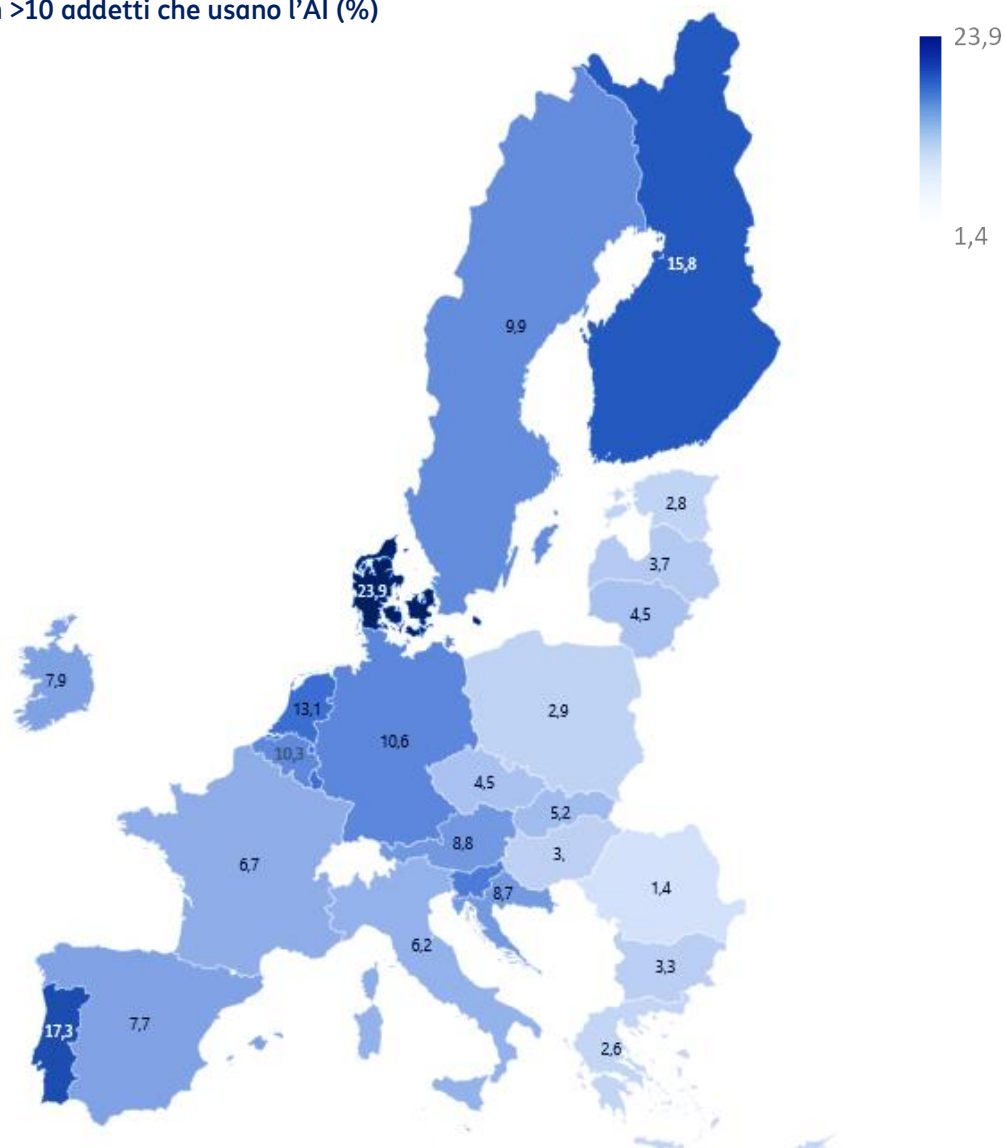
### La diffusione dell'AI nelle aziende europee: il fattore dimensionale

Per quanto stiano emergendo molti casi di utilizzo dell'AI, la penetrazione di questa tecnologia procede a velocità differenti a seconda della dimensione dell'impresa. Come evidenziato dagli ultimi dati Eurostat, le aziende con più di 10 addetti che utilizzavano almeno una tecnologia AI tra quelle rilevate<sup>11</sup> erano 8 su 100 a livello europeo, con una maggiore penetrazione nei Paesi del Nord Europa rispetto alle altre aree.

<sup>11</sup> Per estrarre conoscenza e informazione da un documento di testo (text mining), per convertire la lingua parlata in un formato leggibile dal dispositivo informatico (speech recognition), per generare linguaggio scritto o parlato (natural language generation), per identificare oggetti o persone sulla base di immagini (image recognition, image processing), per l'analisi dei dati attraverso l'apprendimento automatico (deep learning), per automatizzare i flussi di lavoro o supportare nel processo decisionale (AI based software robotic process automation), per consentire il movimento fisico autonomo delle macchine (autonomous robots, autonomous drones or self-driving vehicles)

## Diffusione dell'AI nelle aziende europee nel 2021

Imprese con &gt;10 addetti che usano l'AI (%)

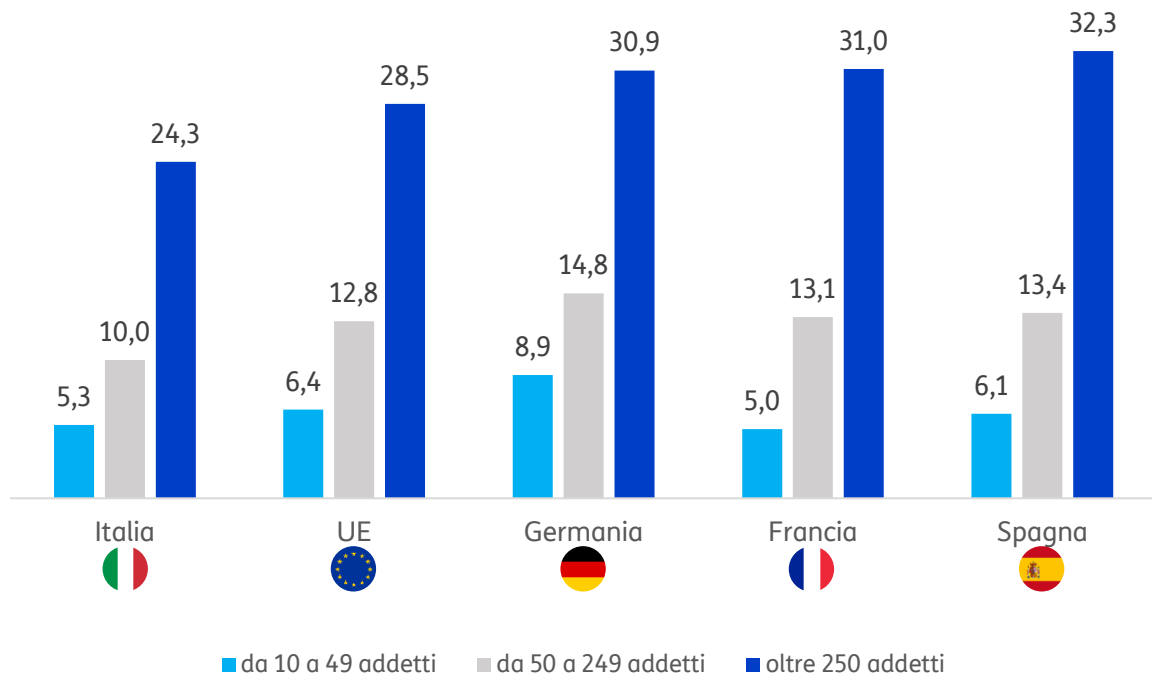


Fonte: Eurostat

La situazione è molto differente se consideriamo la dimensione d'impresa. Circa il 30% delle aziende di grande dimensione (oltre 250 addetti) aveva introdotto nel 2021 almeno una tecnologia AI, e tale percentuale scende al 13% per le imprese di media dimensione (50-249 addetti) ed al 6% per quelli di piccola dimensione (10-49 addetti). Il livello di penetrazione dell'AI dipende dal costo di accesso a tale tecnologia, dalla disponibilità di dati e dalla carenza di competenze specifiche. Tuttavia, la progressiva disponibilità di sistemi AI basati su cloud e API potrebbe rappresentare un fattore di accelerazione importante e mettere a disposizione di aziende di piccola dimensione tecnologie in grado di aumentarne la capacità competitiva.

Il confronto tra Paesi mostra che l'**Italia** è l'unico tra i grandi paesi europei a presentare una penetrazione della tecnologia AI inferiore alla media europea per tutte le classi dimensionali, con un gap relativamente più elevato per le imprese di media dimensione.

L'AI nelle aziende europee per dimensione (n. addetti) - 2021



Fonte: Eurostat

Per quanto riguarda il nostro paese, mentre l'istituto di statistica europeo fotografa al 2021 una situazione che vede circa 1 grande azienda su 4 dotata di soluzioni di AI (quasi il 25%), indagini pubblicate nel corso dell'anno da Ernst & Young (EY) e Osservatori Politecnico Milano<sup>12</sup> mostrano livelli di adozione molto più elevati. Entrambe le ricerche citate evidenziano che circa 6 grandi aziende su 10 (il 60%) hanno avviato progetti di AI nel 2022, ossia quasi due volte e mezza in più rispetto ai dati Eurostat dell'anno precedente. È certo che la diffusione dell'intelligenza artificiale nelle imprese è in crescita anche nel nostro Paese, ma diversi fattori incidono sulla sua corretta rilevazione: la dimensione del campione alla base della ricerca, la scelta delle tecnologie considerate (come si è detto nel precedente capitolo), il tipo di survey effettuata.

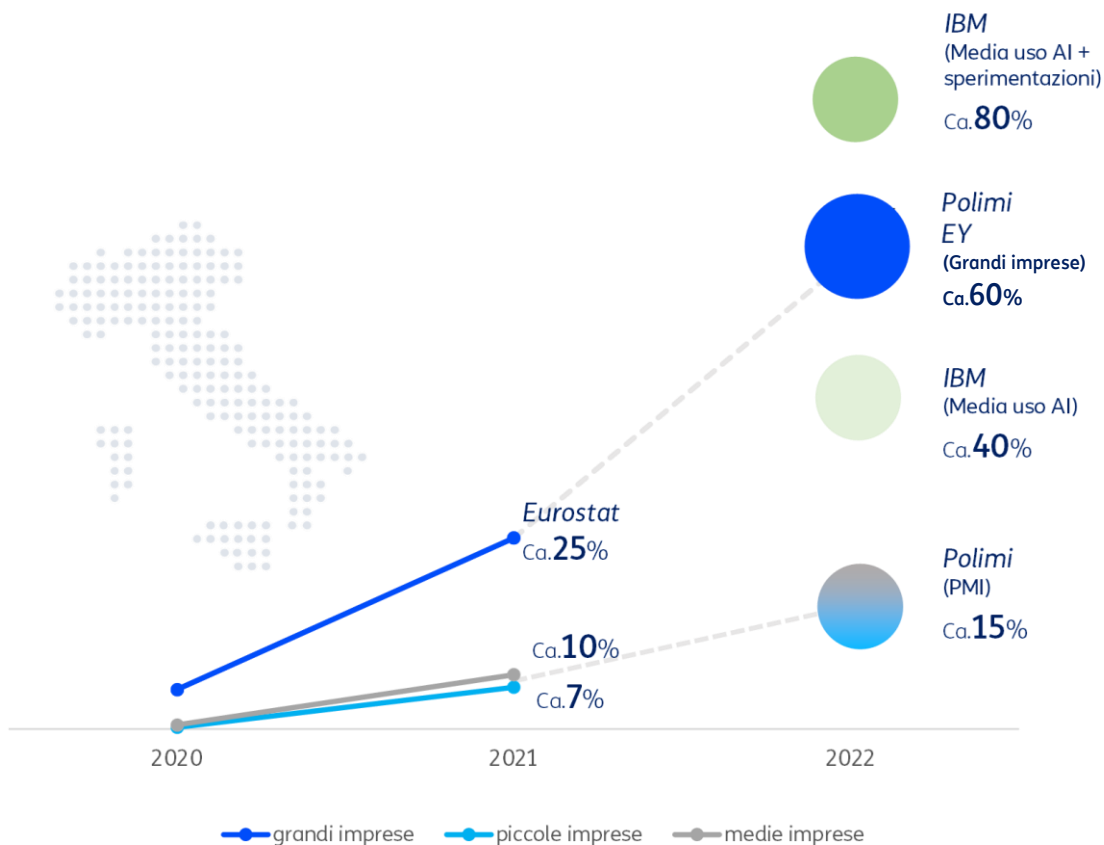
<sup>12</sup> Osservatorio Artificial Intelligence del Politecnico di Milano; "Multidisciplinary professional services organization", EY Italy

## 2 – Ecosistema AI

Una delle principali cause di scostamento tra dati di fonti diverse è rappresentata dalla profondità di radicamento delle innovazioni derivati dall'AI nelle imprese del campione: se, infatti, alcuni prendono in considerazione anche le aziende che hanno soltanto avviato sperimentazioni, altri basano le proprie indagini sulle imprese che hanno già introdotto innovazioni significative nei propri processi, iniziando a ripensare il proprio modello operativo.

Un altro dato sull'Italia è prodotto da IBM Global AI Adoption Index 2022, secondo cui all'incirca 83% delle imprese ha già avviato progetti di AI in azienda o ne sta esplorando la potenzialità, con una ripartizione del campione quasi alla pari (42% hanno già avviato e 41% in fase di sperimentazione/esplorazione).

### Diffusione dell'AI nelle imprese italiane



Fonte: IBM Global AI Adoption Index 2022; Osservatorio Artificial Intelligence del Politecnico di Milano; "Multidisciplinary professional services organization", EY Italy; Eurostat



# **CAPITOLO 3**

---

Impatti dell'AI:  
sviluppo economico e  
sostenibilità ambientale



## CAPITOLO 3

# Impatti dell'AI: sviluppo economico e sostenibilità ambientale

### Le potenzialità dell'AI

L'intelligenza artificiale generativa, così definita perché in grado di creare diversi contenuti attraverso l'apprendimento, emulando le prestazioni umane (arrivando a conclusioni "autonome", a comprendere contenuti complessi, a dialogare con le persone come l'ormai celeberrima Chat GPT ecc.), rappresenta senza dubbio la maggiore novità degli ultimi mesi. Per quanto l'AI generativa rappresenti solo un gradino in più nel percorso di evoluzione in atto da decenni, bisogna riconoscere che abbia avuto il merito di diffondere e rendere concreto tale sviluppo nell'opinione pubblica, aprendo allo stesso tempo un dibattito sugli effetti di questa tecnologia sulle nostre società.

Tuttavia, è necessario ricordare come sistemi di AI siano già operativi da tempo all'interno di macchinari industriali, automotive e robotica, andando a supportare gli esseri umani (e in alcuni casi perfino a sostituirne il ruolo) nell'esecuzione in compiti ripetitivi e non ripetitivi. L'intelligenza artificiale di cui parliamo in questo capitolo non si riferisce solo a quella che produce mirabile, con un conseguente effetto comunicativo di massa, ma prende in considerazione tutto ciò che i sistemi esperti, le reti neurali, i sistemi di machine e deep learning - introdotti nel tempo nelle applicazioni dei vari settori - sono in grado di produrre un effetto sui sistemi economici. L'analisi parte dalla considerazione che l'AI ha già oggi prodotto effetti sull'economia; è possibile, infatti, reperire studi che stimano l'impatto dell'AI sul PIL già a partire dal 2016. Inoltre, non possiamo mancare di sottolineare che dal punto di vista prospettico, l'impatto di questa tecnologia è ben lungi dall'essere determinato, in quanto su di esso influiscono fattori quali la digitalizzazione delle società, la capacità di innovazione tecnologica e la trasformazione dell'atteso incremento della produttività in opportunità di sviluppo e investimenti.

### Gli effetti dell'AI sul mondo del lavoro

Se l'AI dovesse mantenere le capacità promesse, il mercato del lavoro potrebbe subire mutamenti significativi. Secondo un'analisi di Goldman Sachs, che ha analizzato le mansioni lavorative sia negli Stati Uniti che in Europa, circa due terzi dei posti di lavoro attuali sono esposti a un certo grado di

automazione dell'intelligenza artificiale e che essa sarebbe in grado di sostituire fino a un quarto del lavoro attuale, l'equivalente, a livello globale, di 300 milioni di posti di lavoro a tempo pieno<sup>13</sup>.

L'automazione delle singole attività lavorative dipende da alcuni determinanti fattori, quali il costo delle tecnologie di AI rispetto a quello del lavoro umano - che è comunque diverso per le specifiche occupazioni - e il tempo impiegato dalle tecnologie per diffondersi nell'economia, che differisce da contesto a contesto, come abbiamo avuto modo di osservare per le precedenti innovazioni tecnologiche

Sull'impatto dell'AI sul lavoro si è sviluppato un ampio dibattito pubblico che è centrato essenzialmente su due tesi, che si ripropongono costantemente nel corso della storia, in presenza di innovazioni tecnologiche dirompenti<sup>14</sup>

#### **La prima tesi è che la tecnologia distrugge il lavoro:**

l'incremento del tasso di adozione della tecnologia nell'attività lavorativa e la crescente sofisticazione dell'intelligenza artificiale porterà a sostituire il capitale (inteso come investimenti) al lavoro. In particolare, le mansioni più colpite potrebbero essere quelle dei cosiddetti "white collar" con una scarsa incidenza di attività manuali e con compiti routinari e ripetitivi (verifica, controllo, gestione procedure, ecc.) che possono essere realizzati da un sistema di AI addestrato e supervisionato. L'impatto quindi si scaricherebbe in prevalenza sulla classe media. In effetti, l'AI generativa rappresenta una tecnologia in grado di complementare, fino a sostituire, il lavoro umano. Questo può liberare le professionalità più elevate dai compiti più ripetitivi in modo da potersi concentrare negli ambiti dove generano maggior valore e ciò può anche portare alla sostituzione dell'intervento umano. Secondo questa tesi, tale rischio potrebbe essere presente soprattutto nei paesi sviluppati in cui i salari sono più alti. Quindi, anche se i costi che le imprese dovrebbero affrontare per introdurre su larga scala l'AI fossero elevati, nel medio termine ci potrebbe essere comunque un beneficio in termini di costi per le aziende. Un corollario di tale ragionamento è che rimarrebbero disponibili posti in settori in cui il costo di introduzione dell'AI è troppo elevato, con il conseguente abbassamento del livello salariale medio.

*Già durante la prima rivoluzione industriale l'economista David Ricardo aveva sostenuto che «la sostituzione del lavoro umano con macchinari è spesso molto dannosa per gli interessi della classe dei lavoratori».*

Capitolo XXXI, "On Machinery," in Principles, III ed., Ricardo, 1821

<sup>13</sup> The Potentially Large Effects of Artificial Intelligence on Economic Growth (Briggs/Kodnani), Goldman Sachs, 2023

<sup>14</sup> Per una rassegna sulle diverse tesi di impatto dell'AI sul lavoro si veda il paper di Jean-Philippe Deranty - Thomas Corbin "Artificial intelligence and work: a critical review of recent research from the social sciences" <https://link.springer.com/article/10.1007/s00146-022-01496-x>

#### La seconda tesi è che l'innovazione tecnologica crea nuove opportunità di lavoro.

Questa visione parte dalla constatazione, più volte ripetutasi a partire dalla prima rivoluzione industriale, che la tecnologia non distrugge ma crea posti di lavoro, individuando nuovi compiti e mansioni con un livello di specializzazione superiore che vanno a sostituire le attività perse, aumentando allo stesso tempo il valore del lavoro<sup>15</sup>. In altri termini, l'innovazione tecnologica metterebbe in difficoltà il lavoro nel breve-medio periodo, ma poi sarebbe in grado di guidare la crescita dell'occupazione su un orizzonte temporale lungo. In effetti, dalla prima rivoluzione industriale ad oggi, la tecnologia ha creato più posti di lavoro di quelli che ha distrutto, soprattutto perché ha continuamente stimolato la crescita della produttività, aspetto che permette di amplificare lo sviluppo ed il benessere<sup>16</sup>.

Se quindi l'AI è una tecnologia in grado di aumentare la produttività e sviluppare innovazione laddove trovi impiego massiccio, essa presenta un effetto positivo anche nei settori adiacenti e connessi che vengono trainati, aumentando la domanda di lavoro e quindi i livelli di occupazione.

*L'economista Joseph Schumpeter sosteneva che il processo di distruzione creativa del capitalismo "rivoluziona incessantemente la struttura economica dall'interno, distruggendo senza sosta quella vecchia e creando sempre una nuova.*

Joseph A. Schumpeter, *Capitalism, Socialism and Democracy*- 1942

L'effetto produttività – abbastanza stagnante negli ultimi anni in quasi tutte le economie occidentali – potrebbe riavviare la crescita economica facendo aumentare la richiesta di alcuni settori, in particolare quelli dei servizi, aumentando il livello di competenze e creatività delle occupazioni. In altri termini, la combinazione di significativi risparmi sul costo del lavoro, la creazione di nuovi posti di lavoro e la maggiore produttività potrebbe aumentare in modo sostanziale la crescita economica aumentando l'offerta di lavoro, sebbene i tempi di tale crescita siano difficili da prevedere.

In conclusione, appare molto complicato effettuare delle stime attendibili relativamente all'effetto dell'AI sul lavoro.

<sup>15</sup> Come viene riportato dalla Bank of England, il reddito medio di un lavoratore britannico a tempo pieno aumentò del 40% dal 1823 al 1873 e la percentuale di occupati rispetto al totale della popolazione passò dal 43 al 47 per cento. post di Giovanni Caccavello, research fellow in European Policy presso EPICenter ed Institute of Economic Affairs. Master (MSc) in economia dello sviluppo presso la University of Glasgow, su Sole 24 Ore 29 Dicembre 2016

<sup>16</sup> Lo studio Goldman Sachs, già citato in precedenza, basandosi sullo studio di Acemoglu-Restrepo del 2019 "Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor." (Journal of Economic Perspectives 33, no. 2 (2019): 3-30) evidenzia che dalla fine degli anni 80 ad oggi il numero di posti persi ha sistematicamente superato il numero di posti creati. In realtà lo studio Acemoglu-Restrepo, realizzato su dati statunitensi, evidenzia che tale fenomeno avviene soprattutto per il basso livello di produttività. Una delle possibili spiegazioni dello studio è che le politiche fiscali statunitensi, favorendo l'investimento in capitale rispetto alla creazione di nuovi posti di lavoro, abbia determinato tale squilibrio, abbassando il livello di produttività. In altri termini, perseguire politiche di sostituzione del lavoro con il capitale, attraverso una continua automazione, determinerebbe un rallentamento dei livelli di produttività portando meno crescita, invece di aumentare lo sviluppo.

Certamente alcune attività diventeranno obsolete, esattamente come è successo nelle precedenti ondate di innovazione tecnologica, e allo stesso tempo ne verranno create altre completamente nuove per assolvere a compiti che ad oggi possiamo forse solo immaginare, senza comprenderne completamente la portata. L'AI potrebbe influire sulle nostre società in modo talmente profondo da cambiare anche il rapporto tra individui e lavoro. Guardiamo ai recenti e inaspettati cambiamenti dovuti alla pandemia di Covid-19, che hanno introdotto di forza e de iure lo smart working, modificando per sempre, anche dopo la fine della pandemia, l'approccio di lavoratori e aziende al lavoro. La certezza è che nel corso della sua storia, l'umanità non ha perso l'occasione di sviluppare una tecnologia per la paura dei possibili effetti negativi che questa avrebbe potuto causare. Tale scelta, al contrario, avrebbe quale unico effetto quello di far guidare l'innovazione dalle spinte più interessate ad utilizzi delle tecnologie per interessi di parte. La migliore opzione è quindi quella di procedere con coraggio e con saggezza nello sviluppo di tale innovazione, cercando di guidarne e gestirne il processo a vantaggio del benessere delle società.

### Una stima degli impatti dell'AI sul PIL

Esistono due canali principali attraverso i quali l'automazione basata sull'intelligenza artificiale potrebbe aumentare il PIL globale.

In primo luogo, la maggior parte dei lavoratori che è attualmente impiegata in occupazioni direttamente o parzialmente esposte all'automazione dell'intelligenza artificiale potrebbe applicare almeno parte della propria capacità, liberata dall'adozione dell'AI, in attività produttive a maggiore valore aggiunto.

In secondo luogo, molti lavoratori sostituiti dall'automazione dell'intelligenza artificiale finiranno per essere rioccupati in nuove attività che emergono direttamente dall'adozione dell'intelligenza artificiale oppure in conseguenza del livello più elevato di domanda aggregata e di offerta di lavoro generata dall'aumento di produttività. Un esempio di tale



#### Il ruolo chiave della formazione. All'Italia mancano competenze specializzate nell'AI

Con la progressiva adozione dell'AI, i lavoratori avranno bisogno di apprendere nuove competenze. Secondo lo studio **AI 4 Italy: impatti e prospettive dell'intelligenza artificiale generativa per l'Italia e il Made in Italy** (The European House Ambrosetti in collaborazione con Microsoft, 2023) occorre investire nella formazione per riuscire a mantenere l'Italia nella traiettoria di sviluppo dell'AI. Secondo gli autori della ricerca, gli ingressi dei giovani nel mondo del lavoro non saranno in grado di bilanciare le uscite (pensionamenti) creando un fabbisogno di circa 3,7 milioni di occupati. La diminuzione degli occupati legata all'invecchiamento della popolazione e al calo demografico potrebbe essere contrastata dall'applicazione dell'intelligenza artificiale generativa che potrebbe continuare a mantenere elevato il livello di produttività. Le nuove tecnologie consentirebbero di mantenere invariato lo stesso livello di benessere economico. Tuttavia, è necessario investire nella formazione, perché tale scenario sarebbe possibile solo con una forza lavoro adeguatamente formata. Occorrerebbero dunque 3,7 milioni di nuovi occupati con competenze digitali di base e 137 mila iscritti in più a corsi di laurea ICT.

processo è quello che abbiamo vissuto con lo sviluppo della società dell'informazione: internet e le tecnologie digitali hanno sia “creato” nuove occupazioni (progettisti di pagine web, sviluppatori di software e professionisti del marketing digitale), sia aumentato il reddito aggregato creando sviluppo economico e benessere e facendo crescere anche l'attività (il lavoro) in altre occupazioni non direttamente toccate dall'innovazione (ad esempio, il turismo, l'assistenza sanitaria, l'istruzione, i servizi di ristorazione). Addirittura, estendendo lo sguardo ad un periodo più ampio, si rileva che 6 lavoratori su 10 sono oggi impiegati in attività che non esistevano prima del 1940 e l'85% della crescita economica degli ultimi 80 anni è stata determinata dall'innovazione tecnologica<sup>17</sup>.

Da questo punto di vista, giova ricordare che, nel “**Rapporto sulla trasformazione digitale dell'Italia**”, realizzato nel 2020 da Censis e Centro Studi TIM, si stimava che per raggiungere la media europea mancassero oltre 7 milioni di individui con competenze digitali di base e quasi 5 milioni con livelli di conoscenza superiore a quella minima. Uniti al gap in termini di laureati ICT (sul quale tuttavia era stato riscontrato un tema relativo alla mancata inclusione di alcune tipologie di lauree nella definizione dell'indicatore “laureati ICT”) rappresentava un aspetto decisamente critico per raggiungere – nella prospettiva di allora – gli obiettivi DESI nell'ambito capitale umano. La carenza di competenze digitali del nostro Paese rappresenta quindi un problema cronico da superare.

Rapporto sulla trasformazione digitale dell'Italia (2021). Censis e Centro Studi TIM reperibile all'indirizzo <https://www.gruppotim.it/it/gruppo/chi-siamo/news/rapporto-trasformazione-digitale-italia.html>

Partendo da tali premesse, il lavoro di ricerca già citato di The European House Ambrosetti – Microsoft, stima una crescita potenziale di valore aggiunto di oltre 300 miliardi di euro per il Sistema-Italia, dovuto all'uso dell'AI generativa, pari al 18% del PIL italiano, che potrebbe essere tuttavia frenato da un più lento decollo della tecnologia anche a causa della scarsità di competenze. Tra i principali ambiti di utilizzo evidenziati si distinguono il reperimento di informazioni (55%), l'assistenza virtuale (48%) e l'efficientamento dei processi (47%).

Un approccio alternativo e più consono allo scopo di queta analisi è proposto dallo studio “Global Economic Impacts Associated with Artificial Intelligence” di Nicholas Chen, Lau Christensen, Kevin Gallagher, Rosamond Mate, Greg Rafert, che, basandosi sull'ipotesi che è pressoché impossibile prevedere con precisione quali applicazioni avranno successo commerciale, in che campi, con quale tempistica saranno adottate e con quale pervasività, stima una forbice di impatto dell'AI sul PIL mondiale combinando due diversi approcci:

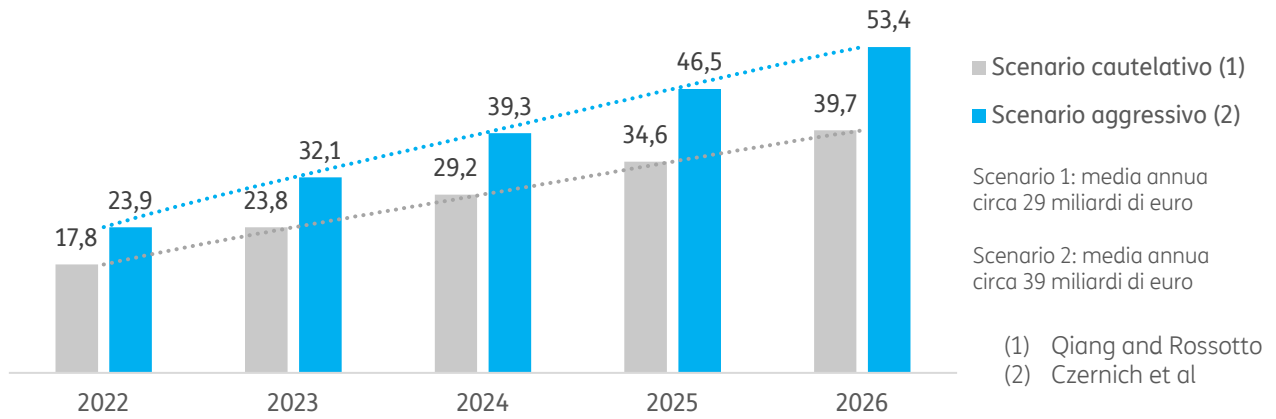
<sup>17</sup> Autor, David, Caroline Chin, Anna M. Salomons, and Bryan Seegmiller. New Frontiers: The Origins and Content of New Work, 1940–2018. No. w30389. National Bureau of Economic Research, 2022.

- Un approccio bottom-up basato sui possibili effetti derivanti dal volume di investimenti pubblici e privati indirizzati verso l'AI. Questo è un approccio abbastanza conservativo, dal momento che l'industria privata e gli investimenti in capitale di rischio rappresentano solo una delle componenti dell'economia globale, e dunque sono solo una parte del contributo economico che l'intelligenza artificiale potrebbe generare. Inoltre, la metodologia utilizzata per stimare l'impatto economico dell'AI riflette solo il ritorno sull'investimento dell'anno successivo al momento in cui è stato effettuato, mentre, al contrario, ciascun investimento avrà impatti pluriennali. Queste considerazioni portano tale approccio a risultati da valutare come dei lower-bound nella stima di impatto.
- Un approccio top-down che modella la crescita attesa sulla base di quanto già osservato in sviluppi tecnologici precedenti (tecnologie dell'informazione, banda larga, telefonia mobile, robotica industriale) al fine di catturare anche effetti indiretti ed indotti. Ciascuna di queste innovazioni ha generato una profonda trasformazione dei sistemi economici e sociali e possono quindi essere visti come possibili modelli anticipatori dell'AI. Tuttavia, a seconda della velocità di diffusione di questa nuova tecnologia, si potrà avere un impatto più o meno intenso rispetto alle tecnologie precedenti e per questo l'ordine di grandezza dell'impatto potrà variare significativamente. I risultati di tale approccio saranno quindi di portata più ampia del precedente e devono essere trattati come degli "upper bound".

È possibile effettuare, sulla base di questo approccio, un'analoga simulazione per l'Italia. Ovviamente stiamo ipotizzando che l'evoluzione per il nostro Paese sia in linea con quanto osservabile a livello mondiale, senza i tipici ritardi di adozione di nuove tecnologie che di solito ne caratterizzano il decollo in Italia. Stiamo inoltre ipotizzando che lo sviluppo dell'AI nel nostro Paese possa essere modellabile su quanto proposto dallo studio, identificando delle traiettorie tecnologiche di riferimento.

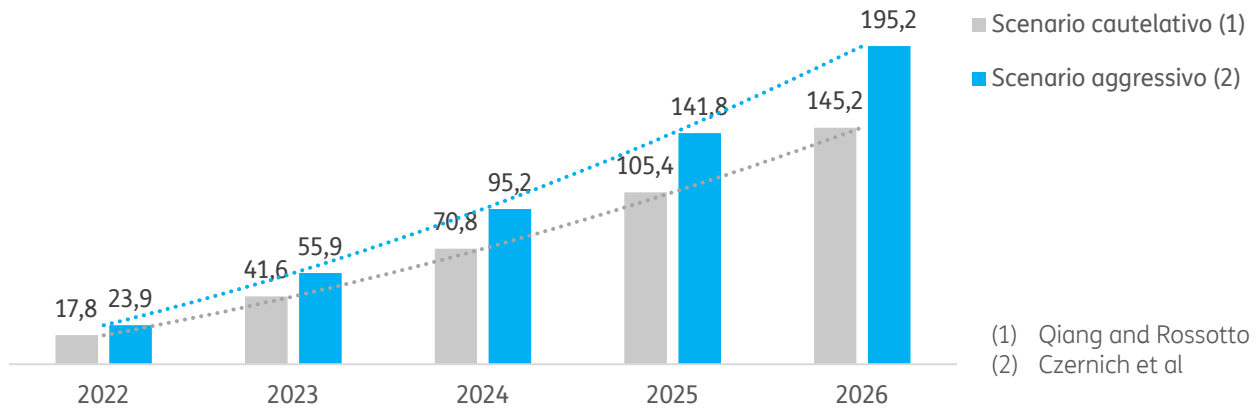
Ad esempio, se (come ipotizzato nello studio "Global Economic Impacts Associated with Artificial Intelligence") il contributo dell'AI fosse in linea con l'impatto della banda larga sul PIL nel tempo, nel periodo di osservazione dello studio, si avrebbe un impatto medio dell'AI di circa 1-1,5% sul PIL nel 2023, pari a circa 24-32 Mrd di euro, per arrivare a una forchetta compresa tra il 2 e il 2,7% del PIL nel 2026, pari a 40-53 miliardi di euro, con un cumulato tra i 145 e i 195 miliardi di euro ed un contributo medio annuo tra i 29 ed i 39 miliardi di euro a seconda dello scenario considerato.

### Contributo annuale dell'AI sul PIL 2022-2026 (miliardi di euro)



Fonte: Elaborazioni Centro Studi TIM su dati World Bank, Oxford Economics

### Contributo cumulato dell'AI sul PIL 2022-2026 (miliardi di euro)



Fonte: Elaborazioni Centro Studi TIM su dati World Bank, Oxford Economics

Questo approccio potrebbe essere ulteriormente affinato, modellando lo sviluppo dell'AI su altre traiettorie tecnologiche, in modo da poter individuare un range di riferimento entro cui collocare



correttamente l'impatto; tuttavia, confrontandolo con altri studi recenti risulta essere situato in un range di consenso.<sup>18</sup>

### AI e sostenibilità: una rassegna dei principali studi sul tema

Un tema da valutare al fine di considerare tutti gli effetti che potrebbe produrre lo sviluppo di questa tecnologia sui nostri sistemi economici e sociali è senza dubbio quello relativo alla sua sostenibilità.

L'AI utilizza enormi risorse computazionali e se da un lato è uno strumento fondamentale anche nel contribuire a comprendere e combattere il cambiamento climatico, dall'altro le emissioni di CO<sub>2</sub> generate dal suo addestramento ed utilizzo sono notevoli<sup>19</sup>. Esempi di questa ambivalenza si riscontrano ovunque: ad esempio, si stima che i data center abbiano utilizzato circa 205 TWh di elettricità nel 2018, ovvero circa l'1% del consumo elettrico mondiale, un "peso" senza dubbio notevole, ma se consideriamo che la quantità di energia che utilizzano è rimasta più o meno la stessa nonostante l'aumento della loro attività (+550% rispetto al 2010, secondo alcune stime) lo scenario cambia prospettiva. In effetti, i nuovi data center realizzati dalle principali società Internet sono stati già progettati per essere più efficienti, nonostante le dimensioni sempre maggiori<sup>20</sup> ed il loro ruolo è centrale nello sviluppo dell'AI, dal momento che ne costituiscono la sede fisica (i modelli di Machine Learning, e ancor di più quelli di Deep Learning, vengono infatti addestrati con gli enormi volumi di dati contenuti nei grandi data center).

Per determinare e quantificare l'impatto ambientale dell'AI bisogna dunque considerare diversi fattori, che intervengono sia nella fase di addestramento, sia nella fase di utilizzo, tra cui:

- tipo di hardware utilizzato (server più o meno recenti/efficienti);
- durata delle sessioni di addestramento;
- numero di Reti Neurali addestrate;
- il tipo di energia (da fonti rinnovabili o meno) utilizzato per fornire elettricità.

---

<sup>18</sup> Vedi AI 4 Italy, impatti e prospettive dell'intelligenza artificiale generativa per l'Italia e il Made in Italy, di The European House – Ambrosetti e Microsoft, settembre 2023, e How AI can enable a sustainable future, di PwC e Microsoft, 2019, e The economic potential of generative AI, di McKinsey & Company, giugno 2023

<sup>19</sup> Questo già avviene per tutte le tecnologie digitali: uno studio della Royal Society del 2020 ha evidenziato come il web possa essere considerato il quarto Paese più inquinante del mondo (Internet Emissions: what's the issue?, di Andrew Rice e Adrian Friday, The Royal Society 2020)

<sup>20</sup> Internet Emissions: what's the issue?, di Andrew Rice e Adrian Friday, The Royal Society 2020



Sono informazioni difficilmente reperibili, e la mancanza di una di queste può ovviamente modificare molto la valutazione dell'impatto. Sul tema sono stati presentati diversi contributi.

Alcuni ricercatori dell'Università del Massachusetts, Amherst<sup>21</sup>, hanno eseguito una valutazione di impatto ambientale del ciclo di vita per l'addestramento di diversi modelli comuni di intelligenza artificiale di grandi dimensioni. Per trasformare l'energia consumata in CO2 equivalente è stato fatto riferimento al mix energetico medio degli USA, che corrisponde in modo abbastanza preciso al mix energetico utilizzato da AWS di Amazon. In particolare, i ricercatori hanno utilizzato il parametro fornito dalla US Environmental Protection Agency (EPA) che fornisce la CO2 media prodotta per ogni Kilowattora di energia consumata in riferimento al mix degli USA<sup>22</sup>. I risultati dello studio sono che, in media, lo sviluppo di un modello di AI comporta l'emissione di 284 tonnellate di anidride carbonica equivalente, vale a dire circa cinque volte l'impatto che ha un'automobile americana nel suo intero ciclo di vita, includendo anche le emissioni per la sua produzione.

Un lavoro congiunto fra l'università di Berkeley e Google<sup>23</sup>, ha invece preso in esame il processo di addestramento del modello per l'elaborazione del linguaggio naturale (NLP - Natural Language Processing), la branca dell'intelligenza artificiale che si concentra sull'insegnamento alle macchine della gestione del linguaggio umano con risultati sempre più convincenti (in particolare, nella traduzione automatica, nel completamento delle frasi e in altre attività considerate standard. Il GPT-2 di OpenAI eccelleva nello scrivere convincenti fake news).

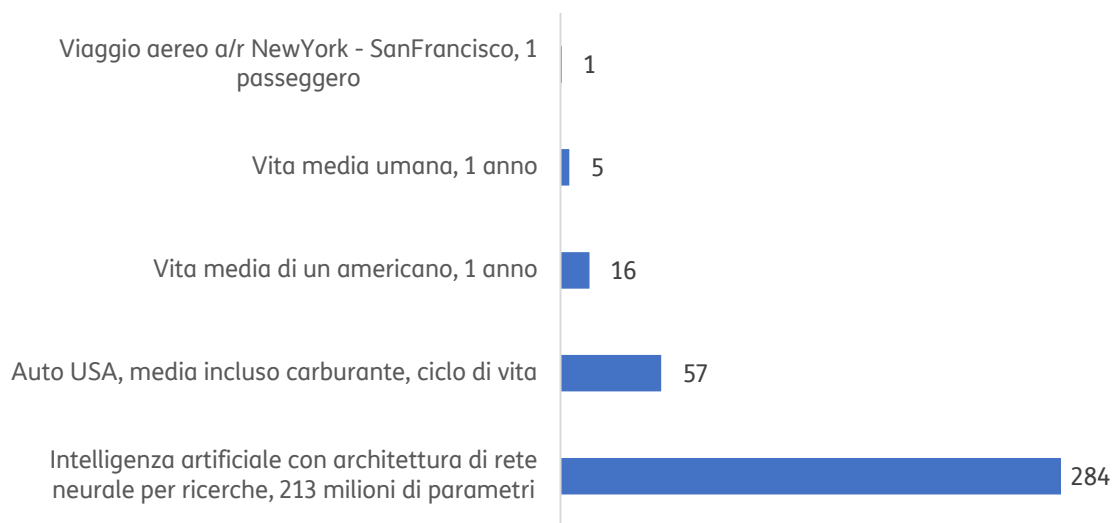
---

<sup>21</sup> Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP, di Emma Strubell - Ananya Ganesh - Andrew McCallum, College of Information and Computer Sciences, University of Massachusetts Amherst, 2019, arXiv:1906.02243v1 [cs.CL]

<sup>22</sup> CO2e = 0,954pt dove pt sta per potenza totale consumata, da Emissions & Generation Resource Integrated Database (eGRID) - Technical report, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2018.

<sup>23</sup> Carbon Emissions and Large Neural Network Training, di David Patterson, Joseph Gonzalez, Quoc Le, Chen Liang, Lluís-Miquel Munguia, Daniel Rothchild, David So, Maud Texier, and Jeff Dean. {davidpatterson, qvl, crazydonkey, llmunguia, davidso, maudt, jeff}@google.com, {pattrsn, jegonzal, drothchild}@berkeley.edu, 2021

#### Stima delle emissioni di CO2 causate dal training di un modello NPL, comparato con consumi di situazioni conosciute – tCO2 equivalente<sup>24</sup>



Ora i parametri in una rete neurale sono le variabili che il modello apprende durante il processo di addestramento che vengono continuamente modificati per ridurre al minimo la differenza tra i risultati previsti e l'output effettivo.

Il modello NLP utilizzato per lo studio si basa su 213 milioni di parametri, mentre GPT-2 di OpenAI lavorava con 1,5 miliardi di parametri e GPT-3 utilizza 175 miliardi di parametri<sup>25</sup>. La crescita dei parametri comporta un aumento del consumo energetico.

D'altro canto, gli studi di solito si concentrano su aspetti o applicazioni specifiche invece di tentare una stima complessiva dell'intero comparto. Secondo i ricercatori dell'università di Berkeley e di Google, l'elettricità richiesta per eseguire un modello di machine learning è una funzione dell'algorithm, del programma che lo implementa, del numero di processori che eseguono il programma, della velocità e della potenza di tali processori, dell'efficienza di un datacenter nel fornire energia e raffreddare i processori e mix di approvvigionamento energetico (rinnovabili, gas, carbone, ecc.). Pertanto, l'addestramento è la parte che impatta di meno nell'intelligenza artificiale rispetto al suo processo di esecuzione, vale a dire la fase di inferenza. Grandi aziende come Google, NVIDIA e Amazon oggi stimano che circa il 90% del consumo

---

<sup>24</sup> Elaborazione Centro studi TIM su dati Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP, di Emma Strubell - Ananya Ganesh - Andrew McCallum, College of Information and Computer Sciences, University of Massachusetts Amherst, 2019, arXiv:1906.02243v1 [cs.CL]

<sup>25</sup> Carbon Emissions and Large Neural Network Training, di David Patterson, Joseph Gonzalez, Quoc Le, Chen Liang, Lluís-Miquel Munguia, Daniel Rothchild, David So, Maud Texier, and Jeff Dean. {davidpatterson, qvl, crazydonkey, llmunguia, davidso, maudt, jeff}@google.com, {pattsrn, jgonzal, drothchild}@berkeley.edu, 2021

energetico si verifichi proprio con la fase di inferenza<sup>26</sup>. Secondo questo studio, se l'energia totale del machine learning viene suddivisa per il 10% nella fase di apprendimento e per il 90% nell'esercizio, cioè l'utilizzo del sistema, se formare più approfonditamente un determinato modello di machine learning raddoppiasse le emissioni di carbonio della fase di apprendimento, ma riducesse l'energia necessaria per la fase di esercizio del 20%, ci sarebbe un grande vantaggio in termini di impatto ambientale.

Il professor Tom Goldstein<sup>27</sup> del dipartimento di Informatica della Università del Maryland ha cercato di valutare l'impatto dell'utilizzo di ChatGPT. Il ragionamento di Goldstein parte da una serie di calcoli ed ipotesi: ogni utente in media formula dieci domande a ChatGPT, gli utenti attivi al giorno sono circa 1 milione, ogni parola contenuta nella risposta elaborata dal chatbot richiede mediamente 350 millisecondi. Questo significa che le parole generate giornalmente sono 300 milioni e che l'infrastruttura complessiva, che permette a ChatGPT di funzionare, lavora per un totale di circa 30 ore al giorno, distribuite su molteplici apparati. Traducendo questi valori otteniamo 11.870 Kwh di consumo energetico e più o meno 3,82 tonnellate di Co2 equivalente prodotta al giorno. Ciò che, in media, un individuo che vive in un paese occidentale genera in tre mesi.

Questo tralasciando il consumo di acqua. Uno studio dell'Università del Colorado Riverside e dell'Università del Texas di Arlington<sup>28</sup> ha calcolato che l'addestramento di Gpt-3 ha consumato 700.000 litri di acqua dolce per il raffreddamento del data center. Un quantitativo sufficiente a realizzare 370 auto Bmw o 320 Tesla. Mentre lo scambio di conversazioni di un utente medio con ChatGpt equivale al consumo di una bottiglia di acqua.

## L'impronta ambientale dei Data Center

Anche i data center, che, come abbiamo visto, sono strettamente necessari allo sviluppo e esercizio dell'intelligenza artificiale, consumano molta acqua, sia per il raffreddamento sia per la produzione di energia elettrica, anche escludendo il consumo legato ad esempio alla produzione di chip.

Secondo lo studio, i data center di proprietà di Google hanno prelevato direttamente 25 miliardi di litri e consumato quasi 20 miliardi di litri di acqua per il raffreddamento in loco nel 2022, la maggior parte dei quali era acqua potabile. Complessivamente nel 2022 il consumo idrico dei data center di Google e di Microsoft ha registrato un aumento importante rispetto al 2021 (rispettivamente 22% e 34%). Il loro prelievo idrico, con l'aggiunta di quello di Meta, ha raggiunto circa 2,2 miliardi di metri

---

<sup>26</sup> Carbon Emissions and Large Neural Network Training, di David Patterson, Joseph Gonzalez, Quoc Le, Chen Liang, Lluís-Miquel Munguia, Daniel Rothchild, David So, Maud Texier, and Jeff Dean. {davidpatterson, qvl, crazydonkey, llmunguia, davidso, maudt, jeff}@google.com, {pattsn, jegonzal, drothchild}@berkeley.edu, 2021

<sup>27</sup> <https://twitter.com/tomgoldsteincs/status/1600196995389366274>

<sup>28</sup> Making AI Less “Thirsty”: Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models, di Pengfei Li, Jianyi Yang, Shaolei Ren (UC Riverside), Mohammad A. Islam (UT Arlington), arXiv:2304.03271v3 [cs.LG] 29 Oct 2023

cubi nel 2022, equivalente al prelievo annuo totale di acqua (incluso l'uso municipale, industriale e agricolo) di due Danimarche.<sup>29</sup>

Sia Google sia Meta hanno recentemente realizzato datacenter in luoghi molto freddi per garantire minori consumi di energia.

### Una valutazione globale dell'impatto dell'AI

Tuttavia, per il momento sono pochi gli studi per valutare globalmente e monitorare le emissioni e l'impronta ambientale dell'intelligenza artificiale. Un rapporto dell'Ocse<sup>30</sup>, presentato durante la Cop27 in Egitto alla fine del 2022, ha proposto un framework per valutare l'impatto diretto e indiretto dell'AI, tenendo conto dell'intero ciclo di vita, e valutando diversi fattori, tra cui emissioni, consumi energetici, prelievo di risorse idriche. In ogni caso ha evidenziato come sia difficile separare l'energia utilizzata da intelligenza artificiale da quella usata dai data center per scopi diversi, e che sia necessaria l'adozione di un sistema di misurazione confrontabile che tenga conto della diversità nell'utilizzo della capacità computazionale.

Lynn Kaack, co-autore di un importante articolo pubblicato su Nature sulla misurazione dell'impatto ambientale dell'AI, ricorda quanto sia importante mantenere alta l'attenzione sui temi legati alle emissioni: ad esempio, aziende come Google e Meta utilizzano modelli di Intelligenza Artificiale per classificare i commenti degli utenti o consigliare contenuti. Si tratta di operazioni che consumano pochissima energia ma che vengono compiute miliardi di volte al giorno.

Più le immagini di un articolo pesano, maggiori saranno le emissioni dell'elettricità necessaria per il trasferimento dei dati. Lo stesso discorso vale per gli allegati di una normalissima e-mail (alcuni esperti ritengono sia più ecosostenibile inviare un link al posto dell'attachment) o per i contenuti multimediali di un tweet o di un post su Facebook. A produrre emissioni sono anche determinate scelte a livello cromatico e di progettazione dei siti internet, ed è per questo che stanno nascendo diverse iniziative di web design sostenibile.

Secondo uno studio pubblicato sulla rivista Nature<sup>31</sup>, i data center e tutte le tecnologie dell'informazione e delle comunicazioni (ICT) – compresi gli apparecchi elettronici che usiamo ogni giorno – producono il 2% delle emissioni globali. Addirittura, secondo Jack Amend, fondatore del

---

29 Making AI Less “Thirsty”: Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models, di Pengfei Li, Jianyi Yang, Shaolei Ren (UC Riverside), Mohammad A. Islam (UT Arlington), arXiv:2304.03271v3 [cs.LG] 29 Oct 2023

30 Measuring the environmental impacts of artificial intelligence compute and applications, OECD, Nov 2022

31 Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I. et al. The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. Nat Commun 11, 233 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>

Web neutral project, «Internet è la più grande macchina di carbonio al mondo». Stando al Global carbon project, il web è come se fosse il quarto Paese al mondo per emissioni di anidride carbonica. In generale, internet sarebbe il responsabile di 416,2 TWh di elettricità all'anno, e una pagina web può arrivare a produrre più di 200 kg annui di anidride carbonica.<sup>32</sup>

Come si legge anche nella recente Strategia nazionale per l'intelligenza artificiale (AI) rilasciata dal Governo lo scorso novembre, «Le soluzioni di intelligenza artificiale avranno un impatto significativo sulla conservazione delle risorse, la riduzione delle emissioni, la gestione dei flussi di traffico e dei relativi rischi, il rafforzamento dell'economia circolare e la prevenzione dei disastri naturali. Più in generale, l'AI sarà un alleato fondamentale per accelerare la transizione ecologica, un pilastro del piano di ripresa e resilienza dell'Italia e degli sforzi di ripresa dell'Unione Europea»<sup>33</sup>.

L'intelligenza artificiale, infatti, rappresenta un supporto decisivo nell'adozione di strategie sostenibili, consentendo di accelerare l'analisi di grandi quantità di dati, condizione indispensabile per permettere ad istituzioni e organizzazioni di affrontare rapidamente questioni sociali e ambientali, e alle aziende di ottimizzare i propri processi. Le soluzioni di intelligenza artificiale possono, ad esempio, essere implementate per azionare automatismi che consentono un funzionamento più efficiente e sicuro di infrastrutture e macchinari industriali, così come di supportare i processi decisionali ed il monitoraggio delle politiche ambientali.

Secondo un report redatto da Boston Consulting Group (BCG)<sup>34</sup>, l'utilizzo di tecnologie evolute e, in particolare, di sistemi di intelligenza artificiale sarebbe in grado di ridurre dal 5% al 10% le emissioni di gas serra da parte delle aziende entro 10 anni, generando fino a 2,6 mila miliardi di dollari tra nuovi ricavi e risparmi di costi. Gli studi di BCG mostrano che il potenziale impatto complessivo dell'applicazione dell'intelligenza artificiale alla sostenibilità aziendale ammonta a 1,3-2,6 trilioni di dollari in valore generato attraverso ricavi aggiuntivi e risparmi sui costi entro il 2030.

Tuttavia, secondo il rapporto, sussiste la difficoltà e i costi di misurazione per le aziende del proprio impatto ambientale, che ritarda e riduce lo sforzo delle aziende stesse ad operare in tal senso. Secondo una survey condotta da Boston Consulting Group<sup>35</sup> per facilitare la transizione ecologica utilizzando l'intelligenza artificiale è necessario puntare su tre focus principali:

---

32 <https://www.linkiesta.it/2022/09/emissioni-anidride-carbonica-siti-internet/#:~:text=Stando%20al%20Global%20carbon%20project,kg%20annui%20di%20anidride%20carbonica.>

33 Programma Strategico Intelligenza Artificiale 2022-2024, Governo Italiano, novembre 2021

34 Reduce carbon and costs with the power of AI, Boston Consulting Group, 2021

35 Carbon Emission Survey Report- 2° ed., Boston Consulting Group, 2022. La survey è stata realizzata utilizzando il software "CO2 AI" e interviste a più di 1.600 fra aziende e organizzazioni con un fatturato dai 100 milioni ai 10 miliardi di dollari, attive in 14 settori economici e in 18 paesi, responsabili di oltre il 40% delle emissioni a livello globale.

- monitoraggio automatico delle emissioni di gas serra, attraverso la raccolta di dati inerenti alle emissioni della stessa azienda;
- previsione delle emissioni future in relazione alle azioni compiute attualmente e alla domanda, agli strumenti e alle strategie che si intendono adottare (AI predittiva);
- riduzione delle emissioni, migliorando l'efficienza energetica all'interno delle organizzazioni, dalla produzione alla logistica (AI prescrittiva).

Gli intervistati concordano sulla necessità di strategie ad hoc da parte delle autorità, ad esempio mediante normative più evolute, che contemplino ricompense e sanzioni, e maggiori incentivi fiscali, per gli investimenti in energie rinnovabili e nella riduzione delle emissioni.

Il nodo principale consiste nella percezione delle emissioni: l'88% degli intervistati è focalizzato solo su quelle interne – le cosiddette “scope 1” (dirette) e “scope 2” (indirette generate dall'energia acquistata e consumata). Queste, però, sono solo l'8% del totale.

Al contrario le emissioni “scope 3” (tutte le altre indirette, generate dalla catena del valore come la mobilità dei dipendenti, le forniture, ecc.) costituiscono il restante 92%. Solo il 12% degli intervistati sembra comprendere che proprio le emissioni prodotte all'esterno necessitano degli interventi più importanti, e solo il 10% la considera una priorità.

Gli esiti potenziali della riduzione di tutte le emissioni sono estremamente significativi. In termini economici, per oltre il 70% degli intervistati abbattere le emissioni significa generare un ritorno di almeno un milione di dollari e, per il 37%, accedere a benefici finanziari pari o superiori a 100 milioni di dollari. Ma esistono altri importanti vantaggi: ad esempio il 54% ha migliorato la propria reputazione e ha ridotto i costi, il 43% ha registrato un incremento dei ricavi, il 40% ha ottenuto benefici fiscali e il 37% ha aumentato la capacità di attrarre talenti.

## L'utilizzo della AI per la sostenibilità ambientale

Come abbiamo detto l'intelligenza artificiale è capace di processare un'enorme mole di dati dall'ambiente circostante imparando dall'esperienza e di effettuare accurate previsioni di trend futuri basandosi su algoritmi puntualissimi.

Grazie all'Intelligenza Artificiale è possibile elaborare enormi volumi di dati per studiare i fenomeni climatici presenti e, soprattutto, per elaborare e migliorare i sistemi di previsione e predizione futuri. Sistemi di Intelligenza Artificiale vengono già oggi utilizzati, ad esempio, per prevedere le variazioni della temperatura media globale e per predire fenomeni oceanici e le precipitazioni in diverse aree del mondo.



Inoltre, l'AI contribuisce in modo positivo alla lotta al cambiamento climatico attraverso il miglioramento e l'ottimizzazione della generazione e dell'uso dell'energia.

Secondo uno studio di PwC e Microsoft<sup>36</sup>, l'utilizzo di AI per le applicazioni ambientali potrebbe contribuire significativamente sia ad aumentare il PIL, come abbiamo già avuto modo di vedere precedentemente, sia a ridurre le emissioni di gas serra entro il 2030 rispetto ad uno scenario privo di interventi.

Lo studio si concentra su quattro settori chiave per l'ambiente e che insieme rappresentano i tre quinti delle emissioni di gas serra<sup>37</sup>, esaminando i nuovi approcci necessari per mitigare e adattarsi ai cambiamenti climatici in scenari di espansione graduale e a maggiore impatto.

### Le applicazioni dell'intelligenza artificiale a beneficio dell'ambiente<sup>38</sup>

#### AGRICOLTURA



#### ENERGIA



#### TRASPORTI



#### ACQUA



I vantaggi in termini di produttività delle applicazioni di intelligenza artificiale – come automazione, ottimizzazione e maggiore produzione – nei quattro settori più sopra rappresentati potrebbero aumentare il PIL globale del 3,1-4,4%, con un rendimento potenziale di 3,6-5,2 trilioni di dollari entro il 2030. Questi guadagni economici sono essi stessi motivo di positività, ma come chiarisce il

<sup>36</sup> How AI can enable a Sustainable Future, PwC UK e Microsoft, 2019

<sup>37</sup> Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014, [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_full.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf)

<sup>38</sup> How AI can enable a Sustainable Future, PwC UK e Microsoft, 2019

rapporto, “l’intelligenza artificiale per le opportunità ambientali consiste essenzialmente nello sfruttare uno degli strumenti più potenti che l’uomo abbia creato per contrastare il degrado ambientale, contribuire a una transizione a basse emissioni di carbonio e contribuire a proteggere il nostro pianeta”<sup>39</sup>.

Oltre ai vantaggi economici, il rapporto suggerisce che l’intelligenza artificiale potrebbe contribuire alla transizione verso un mondo a basse emissioni di carbonio, riducendo le emissioni di gas serra di 0,9-2,4 gigatonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente e i sistemi di allarme rapido basati sull’intelligenza artificiale per vigilare sulla deforestazione illegale potrebbero salvare 32 milioni di ettari di foresta nei prossimi dieci anni, a livello globale. Le applicazioni ambientali dell’AI porteranno a una riduzione di emissioni di gas serra di 2,4 Gigatonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente nel 2030 rispetto all’andamento inerziale. Questa riduzione globale è determinata a seguito di potenziali riduzioni in Nord America, Europa, e Asia orientale, di circa il 5% del totale emissioni. La misura in cui sono previste le riduzioni, varia in base alle regioni, con riduzione delle emissioni di gas serra in Medio Oriente, Nord Africa e l’America Latina relativamente inferiori e pari a circa lo 0,5% – 1,5%.

### Agricoltura

Secondo lo studio, molte delle innovazioni digitali in agricoltura sono sostenute dall’intelligenza artificiale. Dai robot in grado di raccogliere, piantare e proteggere i raccolti in modo autonomo, al monitoraggio di precisione di piante e bestiame per aumentare la resa e ridurre gli sprechi (come l’irrorazione di massa di pesticidi o fertilizzanti) fino a una migliore gestione dell’uso del territorio, l’agritech promette grandi cambiamenti alle moderne pratiche agricole, con la riduzione dell’uso di combustibili fossili e delle emissioni di gas serra derivanti dall’ottimizzazione delle aziende agricole e dei terreni.

### Energia

L’applicazione dell’intelligenza artificiale al settore energetico offre la possibilità di ottimizzare i consumi attraverso il monitoraggio e la manutenzione e di prevedere le fluttuazioni a breve e lungo termine. Le reti energetiche locali decentralizzate, gestite da processi automatizzati, permetteranno di migliorare l’efficienza e ridurre gli sprechi. Inoltre l’utilizzo della intelligenza artificiale potrebbe essere utile per aumentare l’efficienza delle risorse energetiche rinnovabili insieme a quelle dei combustibili fossili, nell’ambito del sistema del bilanciamento energetico.

### Trasporto

Un trasporto efficiente e sostenibile – per merci e persone – è un obiettivo importante per la salute ambientale poiché il 20-30% del consumo energetico globale e delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono attribuiti ai trasporti. I veicoli autonomi e semi-autonomi, se adottati su larga scala come nello scenario

---

<sup>39</sup> How AI can enable a Sustainable Future, PwC UK e Microsoft, 2019



"Espansione" del rapporto, potrebbero ridurre notevolmente l'impatto dei gas serra. Anche le consegne autonome, dai camion a lungo raggio ai robot dell'ultimo miglio, contribuirebbero alla riduzione delle emissioni.

Altre applicazioni di intelligenza artificiale che potrebbero essere implementate includono flussi di traffico ottimizzati, funzionalità di guida ecologica e tariffazione intelligente in tempo reale per i pedaggi (come le tasse sulla congestione), migliori previsioni del traffico, pianificazione logistica e manutenzione di veicoli.

### Acqua

Analogamente alla potenziale carenza di cibo nel settore agricolo, anche la disponibilità di acqua dolce dovrebbe diminuire. Il rapporto prevede che la domanda globale di acqua supererà l'offerta del 40% entro il 2030. L'inquinamento, l'urbanizzazione e il cambiamento climatico stanno tutti influenzando il ciclo globale dell'acqua, ma l'intelligenza artificiale potrebbe attenuarne l'impatto grazie al monitoraggio in tempo reale delle infrastrutture idriche, prevenendo perdite e guasti e ottimizzando la manutenzione. Il monitoraggio sull'effettivo utilizzo dell'acqua sia da parte delle imprese sia delle famiglie consente di acquisire una maggiore consapevolezza dell'uso per ridurre gli sprechi e ai fornitori di prevedere eventuali carenze. I processi di trattamento dell'acqua e di desalinizzazione potrebbero essere ottimizzati tramite l'intelligenza artificiale, consentendo il riutilizzo delle acque grigie.

## Una stima degli impatti dell'AI sulle emissioni di gas serra

Abbiamo rapportato i fattori di analisi proposti dallo studio di PwC alla situazione italiana, partendo dal rapporto ISPRA 2022<sup>40</sup> che propone l'inventario delle emissioni di gas serra. Infatti, come previsto dalla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) per tutti i Paesi industrializzati e in linea con gli impegni del Protocollo di Kyoto, l'Italia deve compilare, pubblicare e revisionare annualmente l'inventario nazionale dei gas serra.

Le emissioni italiane totali di gas serra, espresse in CO<sub>2</sub> equivalente, sono diminuite del 26,7% tra il 1990 ed il 2020. Questa riduzione è conseguenza sia della riduzione dei consumi energetici e delle produzioni industriali a causa della crisi economica a partire dal 2008 e della delocalizzazione di alcune produzioni industriali, sia della crescita della produzione di energia da fonti rinnovabili (idroelettrico ed eolico), sia dell'incremento dell'efficienza energetica. Ha pesato inoltre il calo delle emissioni registrato a seguito della pandemia; che però ci si aspetta ritornino in linea con le emissioni precedenti a partire al 2021.

---

<sup>40</sup> Le emissioni di gas serra in Italia alla fine del secondo periodo del Protocollo di Kyoto: obiettivi di riduzione ed efficienza energetica, ISPRA, 2022.

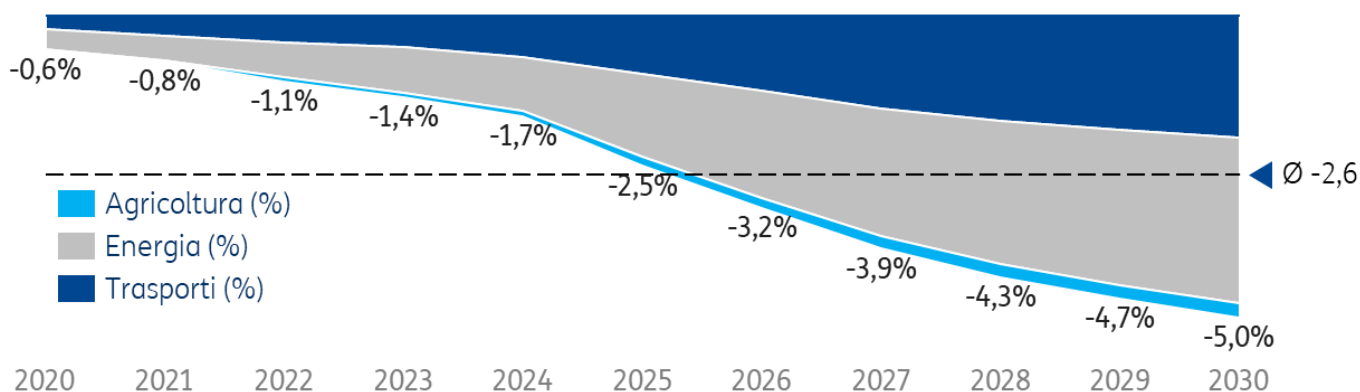
### 3 – Impatti AI

In Italia tra il 1990 e il 2020 le emissioni di tutti i gas serra sono passate da 520 a 381 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente. Le categorie emissive che nel 2020 contribuiscono maggiormente alle emissioni totali di gas serra sono quelle del settore Energia responsabili, complessivamente, di oltre il 78% delle emissioni totali nazionali<sup>41</sup>. Questo settore comprende industrie energetiche, manifatturiere, i trasporti, che pesano per il 28,6% del settore energia e per il 22,3% del totale nazionale, il residenziale e servizi. Il settore Agricoltura e le categorie emissive dei Processi industriali ed uso di altri prodotti (IPPU) sono responsabili rispettivamente dell'8.6% e 8.1%, mentre il settore Rifiuti contribuisce per il restante 4.9% alle emissioni totali.

Gli effetti calcolati da PWC sono stati ricalcolati sull'Italia stimando come andamento inerziale una proiezione statistica<sup>42</sup> delle emissioni di CO<sub>2</sub> come valutate da ISPRA, e considerando i soli settori energia (escluso trasporti), trasporti e agricoltura (in cui è inclusa anche acqua).

- L'applicazione della AI su energia e i trasporti avrà l'impatto maggiore sulla riduzione di CO<sub>2</sub>, principalmente perché genera efficienze sostanziali e di conseguenza la riduzione impatta anche sul consumo di energia.
- Gli effetti su acqua e agricoltura riguardano maggiormente la biodiversità e le risorse naturali.

#### L'effetto di AI sulla emissione di CO<sub>2</sub> nel periodo 2020-2030 (% su totale emissioni)



Fonte: Elaborazioni Centro Studi TIM su dati PWC

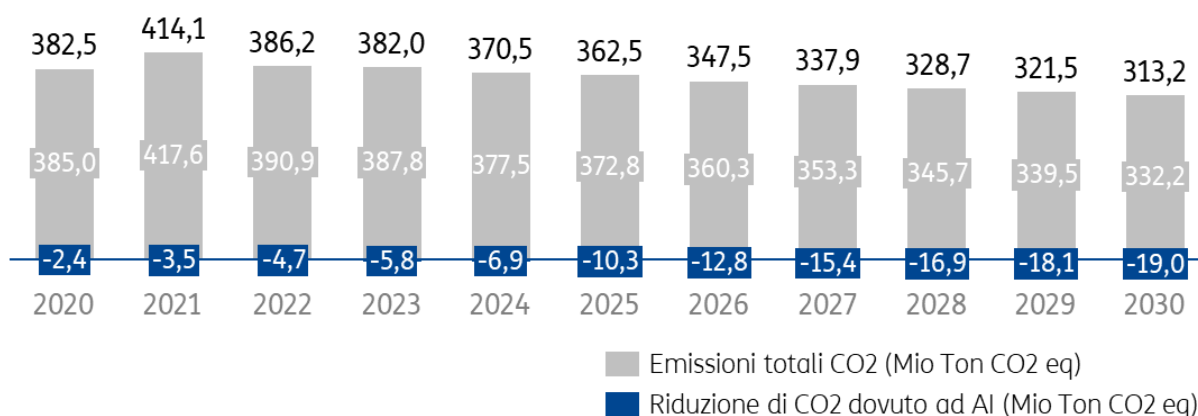
<sup>41</sup> Le emissioni di gas serra in Italia alla fine del secondo periodo del Protocollo di Kyoto: obiettivi di riduzione ed efficienza energetica, ISPRA, 2022.

<sup>42</sup> Perequazione esponenziale con profondità di 5 anni

### 3 – Impatti AI

Nel periodo 2020-2030 l'intelligenza artificiale contribuirà a diminuire complessivamente le emissioni di circa 116 Mio di tonnellate di CO2 equivalenti, per una media di circa il -2,6% del totale emissioni arrivando al -5% all'anno 2030.

#### L'effetto di AI sulla emissione di CO2 nel periodo 2020-2030 (Mio Ton CO2 eq)



Noi abbiamo stimato l'impatto sulle emissioni di CO2 equivalente, ma in realtà l'intelligenza artificiale ha un impatto più vasto sulla sostenibilità in generale ed in particolare sul raggiungimento dei 17 SDG (obiettivi di sviluppo sostenibile) come definiti dalle Nazioni Unite nell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, un piano d'azione per le persone, il Pianeta e la prosperità, sottoscritta il 25 settembre 2015 da 193 Paesi delle Nazioni unite, tra cui l'Italia, per condividere l'impegno a garantire un presente e un futuro migliore al nostro Pianeta e alle persone che lo abitano.

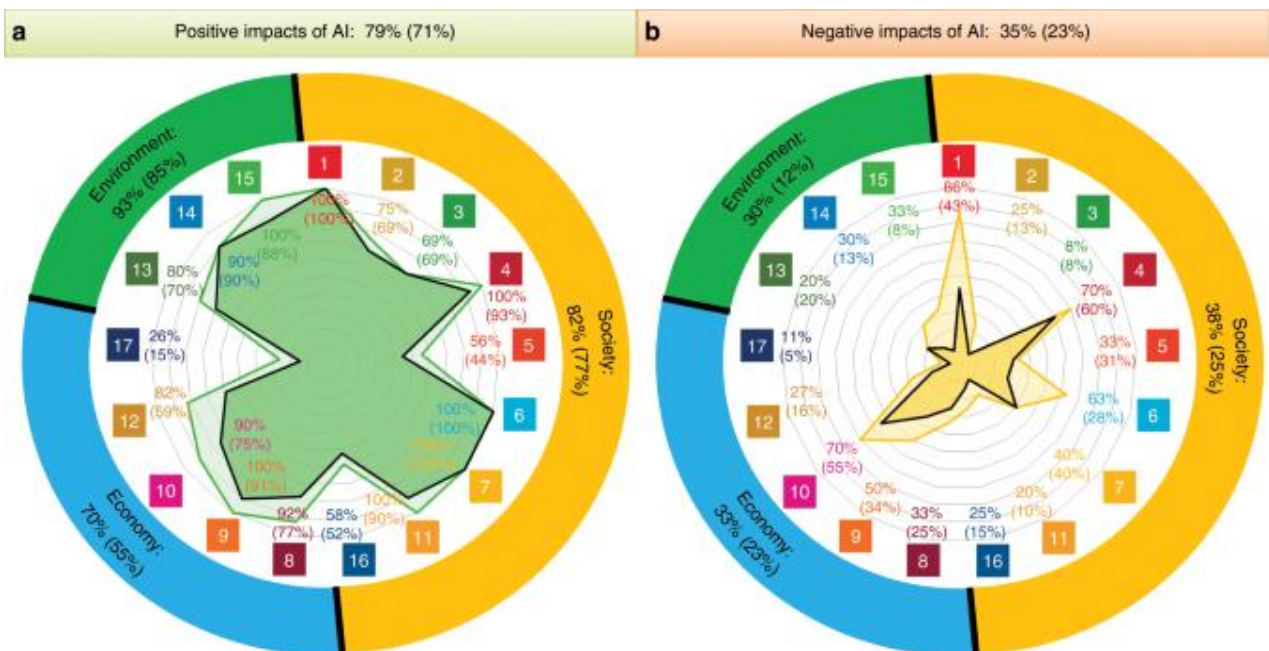
L'articolo pubblicato su Nature nel 2020 recita nell'abstract: "L'emergere dell'intelligenza artificiale (AI) e il suo impatto sempre più ampio su molti settori richiedono una valutazione del suo effetto sul raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile. Utilizzando un processo di elicitation esperto basato sul consenso, scopriamo che l'AI può consentire il raggiungimento di 134 obiettivi, ma può anche inibire 59 obiettivi. Tuttavia, gli attuali focolai di ricerca trascurano aspetti importanti. Il rapido sviluppo dell'AI deve essere supportato dalle necessarie conoscenze normative e dalla supervisione per le tecnologie basate sull'AI per consentire lo sviluppo sostenibile. In caso di incapacità di farlo, potrebbero verificarsi lacune in termini di trasparenza, sicurezza e standard etici"<sup>43</sup>.

<sup>43</sup> The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals, AA.VV., Nature, 13 Gennaio 2020

### 3 – Impatti AI

Il lavoro documenta il potenziale dell'AI come facilitatore o inibitore per ciascuno degli SDG. Più sotto riportiamo un grafico di sintesi, in cui i numeri all'interno dei quadrati colorati rappresentano ciascuno degli SDG. Le percentuali in alto indicano la proporzione di tutti gli obiettivi potenzialmente colpiti dall'AI, mentre quelle nel cerchio interno della figura corrispondono alle proporzioni all'interno di ciascun SDG. Nel cerchio esterno della figura sono mostrati anche i risultati corrispondenti ai tre gruppi principali in cui il lavoro divide i 17 SDG e i 169 target concordati a livello internazionale nell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, ovvero Società, Economia e Ambiente. I risultati ottenuti quando si tiene conto del tipo di prova sono mostrati dall'area interna ombreggiata e dai valori tra parentesi.

#### Sintesi dell'impatto positivo e negativo dell'AI sui vari SDG



Fonte: The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals, AA.VV., Nature, 2020

Secondo l'articolo quindi l'AI avrà un impatto sulla produttività globale, sull'uguaglianza e l'inclusione e molte altre aree, sia a breve che a lungo termine.

Partendo da queste considerazioni, molti esperti hanno iniziato a chiedersi quale ruolo le potenzialità dell'AI potessero ricoprire per l'ottenimento dello sviluppo sostenibile. Un'analisi dettagliata con anche indicazioni di use case è riportata nella pubblicazione L'Intelligenza Artificiale

per lo Sviluppo Sostenibile<sup>44</sup>, che analizza ciascun obiettivo in modo dettagliato mettendo in evidenza le opportunità ma anche le sfide etiche, normative e sociali che l'utilizzo dell'intelligenza artificiale porta con sé.

*Kenneth Ewart Boulding (1910-1993), economista inglese, diceva: “Sia pure in modo pittoresco chiamerò ‘economia del cowboy’ l’economia aperta; il cowboy è il simbolo delle pianure sterminate, del comportamento instancabile, romantico, violento e di rapina che è caratteristico delle società aperte. L’economia chiusa del futuro dovrà rassomigliare invece all’economia dell’astronauta: la Terra va considerata una navicella spaziale, nella quale la disponibilità di qualsiasi cosa ha un limite, per quanto riguarda sia la possibilità di uso, sia la capacità di accogliere i rifiuti, e nella quale perciò bisogna comportarsi come in un sistema ecologico chiuso capace di rigenerare continuamente i materiali, usando soltanto un apporto esterno di energia”*

K. Boulding, The economics of the coming Spaceship Earth, in: H. Jarrett (editor), Environmental quality in a growing economy, Baltimore, John Hopkins University Press, 1966

Risulta evidente dalla lunga analisi che l'intelligenza artificiale rende quanto mai evidente come sia ormai necessario rendere efficiente l'utilizzo di risorse finite, tenendo presente la necessità della preservazione e tutela dell'ambiente e della equità tra popoli e persone.

L'intelligenza artificiale può dare un contributo concreto per raggiungere gli obiettivi di sviluppo sostenibile, ma dobbiamo gestire i rischi ad essa collegati per evitare che invece un utilizzo scorretto, parziale o distorto ci allontani dal loro conseguimento.

<sup>44</sup> L'Intelligenza Artificiale per lo Sviluppo Sostenibile, di Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale (AIxIA), l'Associazione Comunità, Impegno, Servizio, Volontariato (CISV) e il Dipartimento di Informatica dell'Università degli Studi di Bari Aldo Moro, 2023.



# **CAPITOLO 4**

---

L'AI nel mondo delle Telco

## CAPITOLO 4

# L'AI nel mondo delle Telco

### Le più tipiche applicazioni di AI per un operatore di TLC

La dirompenza dell'AI sta già trasformando le industrie di tutto il mondo ed anche molte aree del settore delle comunicazioni ne stanno già beneficiando.

I servizi recenti ed emergenti richiedono prestazioni sempre attive, ultra-affidabilità, bassa latenza, elevati livelli di sicurezza. Si incrementano i casi d'uso e la complessità da gestire con l'esplosione del numero di apparati connessi e comunicanti. Le reti si stanno evolvendo per supportare tali requisiti, espandendosi e trasformandosi anche al fine di offrire un'ottima esperienza per ciascun servizio e utente. Le esigenze in termini di garanzia del servizio, misurazione dell'esperienza e comprensione delle aspettative dei clienti sono enormi e il fornitore di servizi di comunicazione avrà bisogno che tutte le parti della propria attività collaborino verso questo obiettivo per avere successo. Questo mutamento, che porta ad un notevole incremento della complessità, porta a gestire volumi di dati sempre più ampi con tempi di reazione sempre più ridotti, con conseguenti sforzi di gestione e controllo elevatissimi e crescenti.

Inoltre, la transizione della struttura tecnologica e informativa delle imprese verso la digitalizzazione e verso il cloud pone ulteriori sfide all'operatore di telecomunicazioni in termini di affidabilità e sicurezza. L'evoluzione del mobile verso il 5G, l'IoT e l'edge computing genera ulteriori ecosistemi per cui le reti mobili diventano sempre più complesse. In questo contesto, la potenza di elaborazione e l'intelligence sui dati offerti dall'intelligenza artificiale e dal machine learning consentono elevati gradi di automazione, per cui la gestione di questa complessità è resa più semplice e efficace.













Da questo punto di vista, l'utilizzo dell'AI non è solo una opportunità per gli operatori di telecomunicazioni, ma una necessità per il governo della rete - dal miglioramento delle prestazioni alla capacità di riduzione del consumo energetico - per l'ottimizzazione dei costi in generale e per lo sviluppo del business.

Il concetto di gestione della complessità, dell'automazione e del supporto dell'intelligenza artificiale si applica non solo ai processi tipici di un operatore TLC (governo della rete), ma trasversalmente a tutti gli ambiti aziendali, dalla gestione dei canali di contatto con il cliente, alle operazioni di marketing e vendita, alle funzioni interne di staff.

È in sostanza il concetto definito da BCG come “Core Business bionico”<sup>45</sup>, ossia una delle strategie che gli operatori possono attuare per continuare a estrarre valore dal mercato, in una fase in cui il tradizionale modello di business delle Telco sta registrando una profonda contrazione dei ricavi e ponendo interrogativi sulla sua effettiva sostenibilità nel tempo. Il mix di digitalizzazione, analisi dei dati e intelligenza artificiale ha il potere di migliorare le operazioni, personalizzare le interazioni con i clienti e migliorare il lavoro dei dipendenti, pertanto, è una leva che gli operatori devono utilizzare.

L'emergere dell'intelligenza artificiale generativa ha, inoltre, aperto nuove prospettive di trasformazione. Pur mettendo al centro l'assistenza e l'interazione con il cliente, questa tecnologia sta ampliando costantemente il proprio ambito d'applicazione, includendo settori che in passato erano complessi da ottimizzare.

### Funzionalità tipiche della generative AI (Omdia)

	Text generation		Drug discovery
	Text summarization		Data analysis
	Image generation		Automated code development
	Translation		Synthetic data generation
	Conversational AI		Next-generation computing interface
	Search		And many more ...

L'intelligenza artificiale generativa utilizza algoritmi e modelli per creare nuove informazioni, concetti o soluzioni in base a modelli e input di dati. Questo tipo di intelligenza artificiale può automatizzare processi decisionali complessi e migliorare l'efficienza della rete anticipando e adattandosi alle situazioni in tempo reale. In combinazione con gli algoritmi di machine learning – che consentono ai sistemi di imparare dai dati e migliorare nel tempo – l'intelligenza artificiale generativa può offrire agli operatori di rete capacità significative per ottimizzare l'allocazione delle risorse, aumentare l'efficienza della rete e fornire servizi di migliore qualità:

Può generare contenuti, come documenti, manuali tecnici, script per chatbot e interazioni vocali, contenuti multimediali. Può ottimizzare reti per prevedere guasti e gestire la capacità, migliorarne

<sup>45</sup> BCG, What Five Trends Mean for Telcos, dicembre 2022



la sicurezza rilevando minacce cibernetiche. Può fornire assistenza al cliente attraverso chatbot, analizzare dati per le ricerche di mercato, tradurre e localizzare comunicazioni, generare contenuti multimediali personalizzati per il cliente, può ottimizzare processi con una migliore allocazione di risorse umane e materiali, automatizzando operazioni interne più ripetitive. Inoltre, potendo creare dati strutturati a partire da input frammentati o non organizzati l'AI generativa estende ulteriormente il campo di applicazione della tradizionale Intelligenza Artificiale aumentando gli ambiti di automazione di processi.

Date queste caratteristiche gli ambiti di applicazione hanno pochi limiti.

Volendo provare a fare una sintesi dei casi d'uso per un operatore TLC, come proposto anche da Omdia<sup>46</sup>, si possono definire due macrocategorie:

- Esterno: relativo ai rapporti con i clienti, alla loro fidelizzazione e la creazione di nuovi flussi di ricavi
- Interno: relativo alle applicazioni per l'ottimizzazione delle risorse al fine di ottenere le migliori prestazioni di rete e, in generale, l'utilizzo migliore delle risorse aziendali

In particolare, tra i casi d'uso “**esterni**”, si possono annoverare:

- **Personalizzazione dei Servizi:** L'AI può essere utilizzata per offrire ai clienti piani tariffari e servizi personalizzati, migliorando la loro esperienza e aumentando la fedeltà dei clienti, oppure offrire la personalizzazione dell'interfaccia utente di siti web o app in base alle preferenze e al comportamento di un cliente. In questo ambito cadono in generale le attività di *Customer journey management*, un caso d'uso complesso, ma che combinato con l'offerta di servizi personalizzati e con attività di upsell/cross-sell può avere un impatto significativo sulla crescita dei ricavi.
- **Marketing e Acquisizione di Clienti:** L'AI può analizzare i dati dei clienti per migliorare le iniziative di marketing, attraverso l'analisi comportamentale predittiva e una migliore segmentazione della clientela per l'offerta di servizi mirati con un approccio al singolo cliente, ossia, non solo ottimizzando prezzi e promozioni.
- **Ottimizzazione della Rete per l'Utente Finale:** L'AI può migliorare la copertura, la capacità e la qualità della rete per garantire un'esperienza ottimale per gli utenti, aumentando la soddisfazione dei clienti.

---

<sup>46</sup> Omdia, State of Play of AI in Telecoms, ottobre 2023

- **Customer service e order management:** l'AI può semplificare processi come la gestione degli ordini dei clienti e l'assistenza clienti automatizzata. È chiaramente la funzione da cui gli operatori traggono nel breve i maggiori benefici, sia per la riduzione dei costi di assistenza clienti, sia come principale motore nella gestione dell'esperienza del cliente (CEM). L'AI, ad esempio, può gestire la tipizzazione delle richieste dei clienti, a partire dall'interpretazioni delle e-mail, dai messaggi o dalle lettere ricevute dai clienti, classificandole, inviandole al call center di competenza, o all'operatore che aveva gestito precedentemente quella pratica. Può inoltre intervenire con diversi livelli di supporto sulla pratica di back office, con pre-elaborati o sintesi fornite all'agent, o suggerendo l'azione da effettuare, oppure, in automazione più spinta, gestendo in autonomia la risposta e le azioni da effettuare sui sistemi CRM.

Tra i casi d'uso “interni”, si possono annoverare

- **Previsione/Riduzione del Churn:** l'AI può essere utilizzata per analizzare i dati dei clienti e prevedere quelli che presentano un elevato rischio di abbandono del servizio o del prodotto. In questi casi, le aziende possono adottare strategie mirate offrendo ad esempio incentivi personalizzati. Poiché questa funzione è ben compresa dagli operatori ed è attualmente supportata da strumenti di analisi tradizionali, l'aggiunta di AI/ML può avere un impatto immediato e misurabile.
- **Gestione delle Identità:** l'AI può essere impiegata per migliorare la sicurezza dell'identità. Ad esempio, l'identificazione facciale o la verifica delle impronte digitali possono essere integrate nei sistemi di gestione delle identità per garantire un accesso sicuro.
- **Proactive Care:** attraverso l'analisi dei dati di traffico e del comportamento dei clienti, l'AI può anticipare esigenze e problemi, individuando azioni quali invio di avvisi, comunicazioni preventive, offerte personalizzate e assistenza proattiva, con l'obiettivo di migliorare l'esperienza del cliente, ridurre i disagi e ottimizzare le risorse.
- **Gestione delle Frodi:** l'AI può analizzare transazioni finanziarie o comportamenti online non leciti per rilevare attività fraudolente in tempo reale. Questo aiuta a prevenire le frodi e proteggere i consumatori.
- **Segmentazione di Mercato:** l'AI può suddividere i clienti in gruppi omogenei in base a comportamenti, preferenze e demografia. Questa segmentazione consente alle aziende di creare strategie di marketing mirate.
- **Sentiment Analysis:** l'AI può analizzare i testi delle comunicazioni dei clienti, o le loro dichiarazioni/conversazioni sui principali canali social, per riconoscere emozioni, opinioni e sentimenti espressi dagli utenti. Questo è utilizzato per monitorare la reputazione del marchio sui social media e per valutare le recensioni dei clienti.

A questi casi d'uso interni, che possono essere presenti – con le specificità tipiche di ogni settore - anche in altri comparti, nel caso di un operatore di telecomunicazione vanno aggiunti quelli relativi alla gestione e ottimizzazione della rete. Tra questi alcuni esempi sono:

- Insight sullo stato e il funzionamento della rete: l'AI Integrata nelle operazioni quotidiane fornisce al centro operativo di rete (NOC), al centro operativo di sicurezza (SOC) e ai team di progettazione informazioni migliori e focalizza la loro attenzione, per identificare guasti o anomalie nei sistemi e intraprendere azioni preventive o correttive.
- Recovery: l'AI riduce drasticamente il numero di allarmi, identifica la causa principale dei problemi e automatizza la gestione e la risoluzione
- Prediction: Prevede le interruzioni della rete e il degrado del servizio per azioni preventive, e poter quindi dare priorità al servizio cliente piuttosto che ai problemi di rete
- Fast deployment: Consentire una rapida implementazione di nuovi servizi e tecnologie; scoperta preventiva di anomalie per un caring preventivo e riduzione investimenti

### I benefici dell'intelligenza artificiale per un operatore TLC

Diversi studi accademici cercano di fornire delle indicazioni sull'impatto che potrà avere l'AI nel settore delle telecomunicazioni. In estrema sintesi, la letteratura esistente, individua cinque principali aree di vantaggi che possono influire sull'attività di un operatore di telecomunicazioni, sia in termini generali, che su tematiche specifiche.<sup>47</sup>

#### 1. Efficacia

L'AI è una tecnologia che si presta in particolare ad automatizzare attività ripetitive, fornendo risultati in modo rapido ed efficiente e liberando personale e/o risorse da utilizzare in altre aree che richiedono competenze più elevate. Rilevando le attività di routine e migliorando l'efficienza della

---

<sup>47</sup> Di seguito alcuni esempi: i) Karapantelakis, A., Alizadeh, P., Alabassi, A. et al. Generative AI in mobile networks: a survey. *Ann. Telecommun.* (August 2023). (<https://doi.org/10.1007/s12243-023-00980-9>). ii) A.Refaee, A. Koucheryavy, Survey on Artificial Intelligence Techniques in 5g Networks, April 2020 (DOI: 10.31854/2307-1303-2020-8-1-1-10). iii) P.U, A.A, S.C, V.K and K.N, "A Survey on Artificial Intelligence in Telecommunication for Churn Prediction," 2022 6th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology, Coimbatore, India, 2022, (doi: 10.1109/ICECA55336.2022.10009325). iv) I.Yazici, I. Shaeya, J.Din, A survey of applications of artificial intelligence and machine learning in future mobile networks-enabled systems, in *Engineering Science and Technology, an International Journal*, giugno 2023 (<https://doi.org/10.1016/j.jestch.2023.101455>).

rete, l'automazione basata sull'intelligenza artificiale può ottimizzare le operazioni di rete e ridurre i costi.

Questi algoritmi possono migliorare drasticamente la pianificazione della capacità e l'ottimizzazione dell'intera rete. Nelle operazioni, l'intelligenza artificiale può individuare con maggiore precisione la causa principale dei problemi, riducendo i tempi di risoluzione, nonché prevedere e prevenire degrading o interruzioni, riducendo o evitando costosi tempi di inattività. Possono persino consentire reti di autoguarigione, riducendo la necessità dell'intervento umano.

### 2. Miglioramento delle prestazioni

Man mano che le reti diventano sempre più complesse può essere difficile mantenere le elevate prestazioni di rete che i clienti si aspettano. Sfruttando l'intelligenza artificiale, un operatore di telecomunicazioni può gestire la maggiore complessità, fornendo un servizio migliore ai propri clienti e mantenendo elevate le prestazioni di rete.

Analizzando i modelli di traffico di rete e ottimizzando l'allocazione delle risorse, l'intelligenza artificiale può inoltre aumentare la produttività e l'affidabilità, soprattutto in quei casi in cui si verificano elevate richieste di banda oppure servizi a bassa latenza. In queste situazioni, attraverso l'allocazione dinamica delle risorse disponibili (sia di rete, sia computazionali) si riesce ad ottimizzare l'instradamento dei dati per ridurre possibili congestioni, aumentare la larghezza di banda disponibile e ridurre la latenza.

### 3. Energia e sostenibilità

Con l'aumento dei costi energetici, l'attuazione degli obiettivi di zero emissioni nette e l'aumento della domanda di capacità sulle reti, l'utilizzo dell'energia è diventato di cruciale importanza per riuscire a realizzare interventi e operazioni in modo sostenibile. Anche se in possiamo aspettarci un futuro basato su una sempre maggiore diffusione di dispositivi a energia zero (ZEB, zero Energy Based) o quasi zero (nZEB, near-Zero Energy Based), l'intelligenza artificiale può già oggi aiutarci ad affrontare il tema della sostenibilità, massimizzando l'utilizzo della rete senza influire sulle prestazioni delle funzionalità di risparmio energetico. L'intelligenza artificiale può anche agire in modo autonomo sul traffico in tempo reale, o addirittura previsto, aiutando gli operatori di telecomunicazione a ridurre il consumo energetico e l'impronta di carbonio, contribuendo agli obiettivi di sostenibilità e riducendo i costi operativi.

### 4. Affidabilità e sicurezza

Ci avviciniamo sempre alla tecnologia intelligente con la consapevolezza che la fiducia e l'etica nell'intelligenza artificiale siano aspetti di importanza fondamentale per il suo successo. Pertanto, la spiegabilità (explainability) e la trasparenza devono essere integrate nei sistemi, garantendo che siano sempre a disposizione informazioni sufficienti per spiegare, migliorare o risolvere i problemi,

nonché garanzie per verificare che i dati che entrano nel sistema siano sicuri e non distorti verso un risultato particolare che potrebbe causare risultati distorti (bias) e rendere il sistema soggetto a controversie.

La sicurezza e la conformità possono spesso essere motivo di preoccupazione quando si parla di intelligenza artificiale, ma in effetti gli algoritmi di intelligenza artificiale possono essere uno strumento efficace per ridurre i problemi di sicurezza e di conformità di reti, infrastrutture e sistemi. Rilevando e prevenendo minacce alla sicurezza, come attacchi informatici e frodi, l'intelligenza artificiale può aiutare gli operatori di telecomunicazione a proteggere le proprie reti e i dati dei propri clienti, oltre a dimostrare il proprio impegno verso pratiche commerciali responsabili. Uno degli ambiti di applicazione dell'AI è nel rilevamento e nella prevenzione delle frodi, così come nella fatturazione e nella gestione degli abbonati, aiutando a ridurre le perdite e a migliorare le prestazioni finanziarie degli operatori.

### 5. Nuove opportunità di business

Quando si utilizza l'intelligenza artificiale nelle infrastrutture di rete per ottenere informazioni approfondite dai dati e dai modelli comportamentali in gioco, si ha un'opportunità unica di acquisire una comprensione più profonda dei propri clienti e delle loro esigenze. Consente di identificare nuove opportunità di business e di offrire servizi sempre più mirati e personalizzati ai propri clienti, nonché di agire in modo proattivo e talora preventivo per soddisfare la domanda dei consumatori in base alle loro intenzioni. Se utilizzati in modo efficace, questi servizi possono aumentare i ricavi e fornire un vantaggio competitivo sul mercato.

## Stime di impatto dell'AI sul business degli operatori di telecomunicazione

A partire dai casi d'uso e dai potenziali benefici che possono derivare dall'uso dell'AI per un operatore di telecomunicazioni, sono state proposte alcune tassonomie che cercano di classificarne e dimensionarne l'impatto per area di attività.

Un primo esempio è rappresentato da STL, che ha proposto una mappatura delle funzionalità, dei contesti d'uso e dei diversi use case, con un'indicazione dei potenziali benefici attesi per un operatore Telco<sup>48</sup>.

---

<sup>48</sup> STL Partners, AI & automation for telcos: Mapping the financial value, gennaio 2022

## 4 – L'AI nel mondo delle Telco

	Networks and operations	Channels	Marketing and sales	Other functions
1. Making sense of complex data	Network management	Revenue management	Issue resolution	Customer engagement management
	Assurance	Fraud and security	Customer / market understanding	Brand / media management
2. Automating processes	Trouble ticketing	Order management	Case management	Contract management
	Incident management	Partner management		Supply chain
3. Personalising customer interactions		Assisted care	Unassisted care	Marketing & product mgmt
		Contact centre infrastructure	Digital commerce	Owned customer channels
4. Supporting business processes	Network planning	Service design	Merchandising	Retail operations
	Field services workforce mgmt	Contact centre workforce mgmt	Retail workforce management	Marketing operations
5. Augmenting human capabilities	Employee chatbots	Customer chatbots	Real-time guidance	Virtual sales assistants
				Guided selling
6. Frontier AI solutions	Drones	Immersive tech for field services	Immersive tech for training	In-store AI
				Perceptual classification for understanding customers / employees
				ML design for marketing and sales collateral
				ML design for financial docs and job descriptions
				Supply chain planning
				Corporate strategy
				Management accounting
				Personal assistants
				IT
				Human resources

Fonte STL Partners

La tabella, nel riassumere le possibili applicazioni e fornire una indicazione di massima del loro valore, le classifica in sei tipologie che impattano trasversalmente diversi ambiti aziendali:

**Analisi di dati complessi:** analisi e machine learning utilizzati per comprendere set di dati di grandi dimensioni, per lo più strutturati, alla ricerca di modelli per diagnosticare problemi e prevedere/prescrivere soluzioni.

**Automatizzazione di processi:** automazione intelligente e RPA per consentire il processo decisionale, l'orchestrazione e il completamento delle attività all'interno dei processi delle telecomunicazioni.

**Personalizzazione delle interazioni con i clienti:** analisi e machine learning utilizzati per comprendere i dati dei clienti, creare segmentazione, identificare i trigger e prescrivere le azioni da intraprendere.

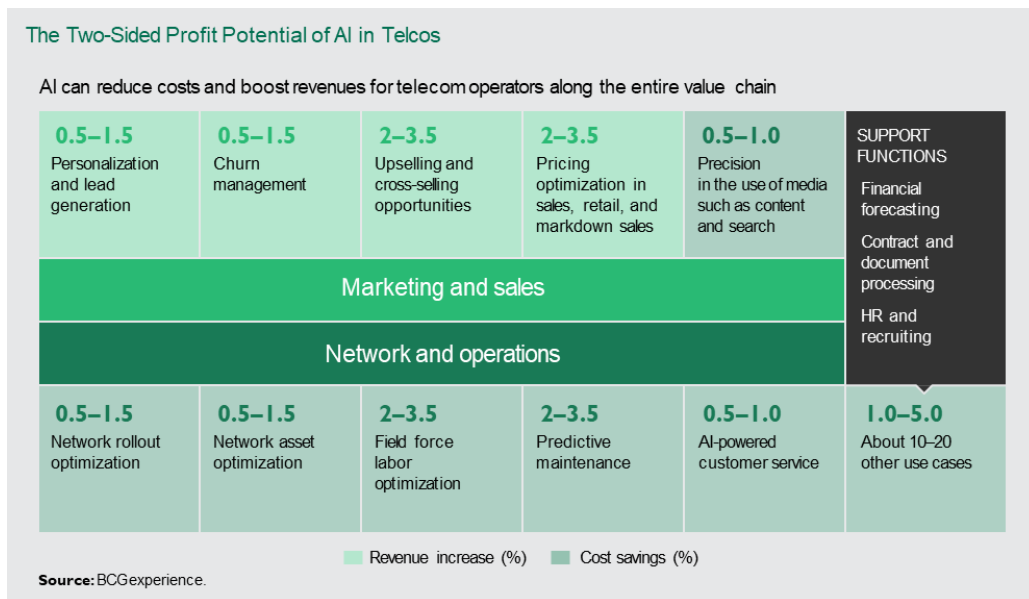
**Supporto alla pianificazione aziendale:** analisi e machine learning utilizzati negli esercizi di previsione e ottimizzazione.

**Aumento delle capacità umane:** soluzioni di intelligenza artificiale come l'elaborazione del linguaggio naturale e l'analisi del testo utilizzate per comprendere le intenzioni o i sentimenti umani, per supportare le interazioni tra clienti o dipendenti e i sistemi di telecomunicazioni.

**Soluzioni di intelligenza artificiale di frontiera:** una serie di soluzioni di intelligenza artificiale individuali che hanno usi particolari e specialistici all'interno di un'azienda di telecomunicazioni.

In questa classificazione di STL, si evidenzia che i maggiori benefici si collocano nell'area delle reti, in particolare nella pianificazione, nella gestione – anche nell'area degli interventi tecnici – e nella sicurezza delle infrastrutture. Anche nell'ambito del marketing, l'AI offre buone potenzialità. Negli altri ambiti al momento gli impatti sembrano meno importanti.

Una seconda prospettiva è offerta da BCG<sup>49</sup>. Anche in questo caso, si individuano diverse aree di applicazione dell'AI che attraversa trasversalmente l'azienda Telco, lungo tutta la catena del valore, e si quantificano i benefici ottenibili sia in termini di maggiori ricavi, sia in termini di risparmi di costi operativi



BCG considera diversi fattori, tra cui l'adozione di tecnologie AI specifiche, l'efficienza operativa derivante dall'automazione, e l'impatto sulla qualità del servizio. Le ipotesi prendono in considerazione lo sviluppo tecnologico e le tendenze di mercato esistenti. La stima del beneficio rappresenta il valore a fronte implementazione dell'intelligenza artificiale che possa aver raggiunto la massima efficacia.

BCG riporta, come esempio di approccio all'implementazione di soluzioni basate sull'intelligenza artificiale, l'applicazione nell'ambito dell'assistenza al cliente, combinando un servizio di agenti reali e virtuali

- In primis, si può offrire menu self-service su tutti i canali utilizzando la tecnologia di ricerca e chatbot testuali.

<sup>49</sup> BCG, Transforming Telcos with Artificial Intelligence, giugno 2020

- In alternativa o in associazione, è possibile fornire interazioni digitali, come la chat con agenti umani, assicurando una transizione fluida dal bot all'essere umano.
- Le chiamate vocali rimanenti possono essere gestite attraverso testo o tramite il chatbot AI con risposta vocale.

In questo modo, il canale vocale con agenti umani è riservato alle questioni complesse e ai servizi premium.

L'implementazione di queste nuove tecnologie per la gestione delle chiamate dei clienti può comportare notevoli risparmi.

Considerazioni analoghe, individuando gli opportuni elementi di risparmio o di incremento dei ricavi, si possono fare anche per gli altri ambiti.

BCG stima che collettivamente, queste misure possono aumentare i ricavi medi delle società di telecomunicazioni fino al +10% e contemporaneamente ridurre i costi fino al -20%.

### L'andamento del settore delle telecomunicazioni in Italia

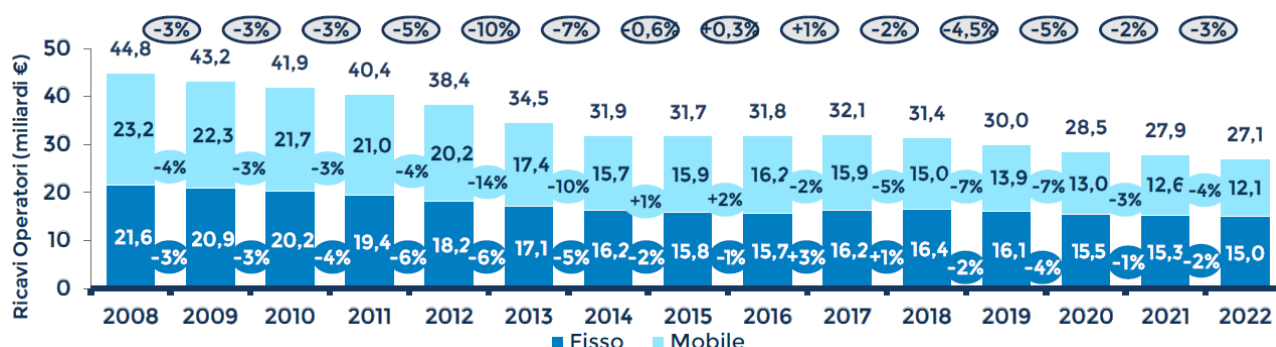
L'andamento dei ricavi lordi degli operatori TLC evidenzia una persistente tendenza negativa con un tasso di crescita medio annuo del -3,5% nel periodo osservato da Asstel (e -3,6% dal 2010). Se da una parte si è assistito alla “*commoditizzazione*” del tradizionale servizio voce, dall'altra parte è cresciuta esponenzialmente il volume dei servizi dati, che oggi fanno parte integrante della quotidianità di ciascun individuo. Tale crescita dei servizi dati però non è stata sufficiente a invertire il trend negativo, a causa dell'intenso scenario competitivo che si è manifestato in Italia, maggiormente in ambito mobile, dove la contrazione è ancora presente in modo significativo (-4% la variazione nell'ultimo anno).<sup>50</sup>

---

<sup>50</sup> Asstel, Rapporto sulla filiera delle Telecomunicazioni in Italia, novembre 2023



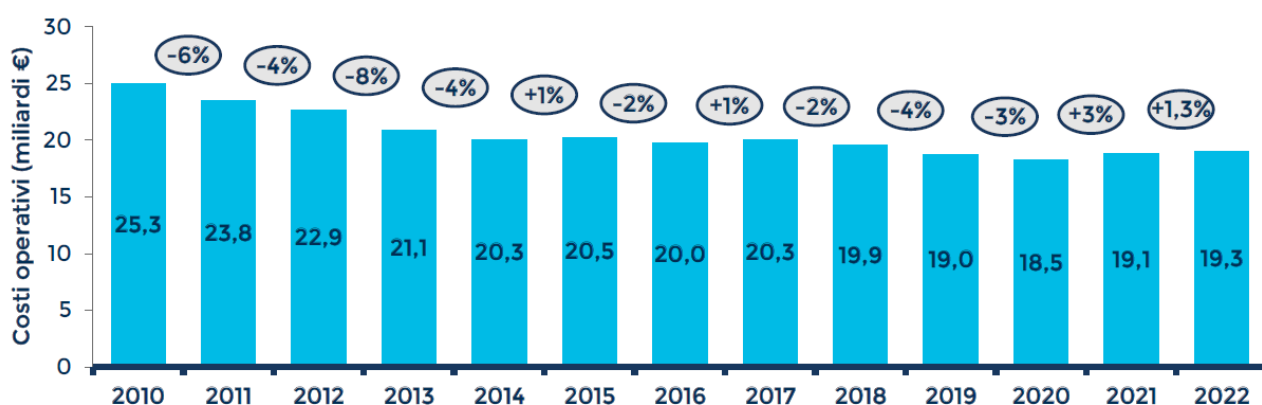
### Ricavi lordi degli operatori TLC 2008-2022



Fonte rapporto Asstel 2023

In questo scenario i costi operativi si sono ridotti, ma con una tendenza meno rapida il tasso di crescita medio annuo nel periodo 2010-2022 è del -2,2%). Inoltre, si è registrato, negli ultimi due anni, una inversione della dinamica, con costi operativi che sono tornati a crescere (+3% nel 2021, e +1,3% nel 2022), non solo per l'incremento dei costi energetici, ma anche per maggiori volumi di acquisto di beni e apparati, costi di marketing, e costi di manutenzione di beni e proprietà.

### Costi operativi degli operatori TLC 2010-2022



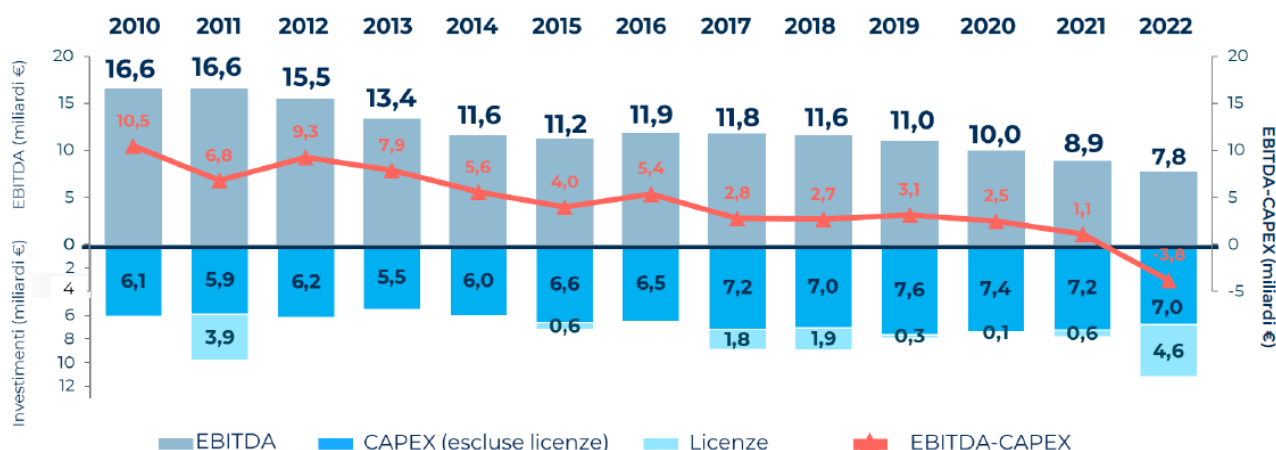
Fonte rapporto Asstel 2023

Ciò ha portato a una contrazione dei margini operativi negli ultimi 14 anni di circa il 50%.

Se poi si considera l'andamento degli investimenti che gli operatori TLC devono continuare a mantenere per garantire l'esercizio funzionale della rete di telecomunicazione, e sostenere le

trasformazioni delle reti e l'adozione dei nuovi paradigmi tecnologici, dal 5G, alla rete ultraveloce FTTH, al cloud, si comprende facilmente come sia mutato e sia critico il quadro di sostenibilità economica del settore in Italia.

### Free Cash Flow degli operatori TLC, con le componenti EBITDA e Capex 2010-2022



Fonte rapporto Asstel 2023

Andando ad osservare il Free Cash Flow (Ebitda-Capex), se nel 2010 gli operatori potevano contare su oltre 10 miliardi di euro per la remunerazione delle fonti di finanziamento e per le tasse, tale valore è sceso drasticamente nel tempo, e, nell'ultimo anno 2022 è diventato per la prima volta negativo, arrivando a toccare il valore di -3,8 miliardi di euro<sup>51</sup>.

Le prospettive future poi non sono incoraggianti per il settore, considerando le incertezze macroeconomiche e geopolitiche, con impatto sui costi di energia e di approvvigionamento delle materie prime.

Questo scenario economico, sentito sicuramente in Italia, ma presente anche in altri paesi, porta gli operatori a cercare nuovi modelli di assetto industriale, ad esempio con operazioni straordinarie che porterebbero a un consolidamento dello scenario competitivo, ma anche a continuare cercare

<sup>51</sup> Sicuramente ha impattato nel 2022 per gli operatori TLC il pagamento dell'ultima rata delle licenze 5G, ma, anche escludendo tale occorrenza, il FCF risulta diminuire anche nel 2022 (variazione pari a -0,4 Mrd vs 2021, escludendo la maxi rata 5G del 2022)

nuove soluzioni tecnologiche che permettano di ulteriormente ottimizzare i costi operativi e generare nuove linee di ricavi.

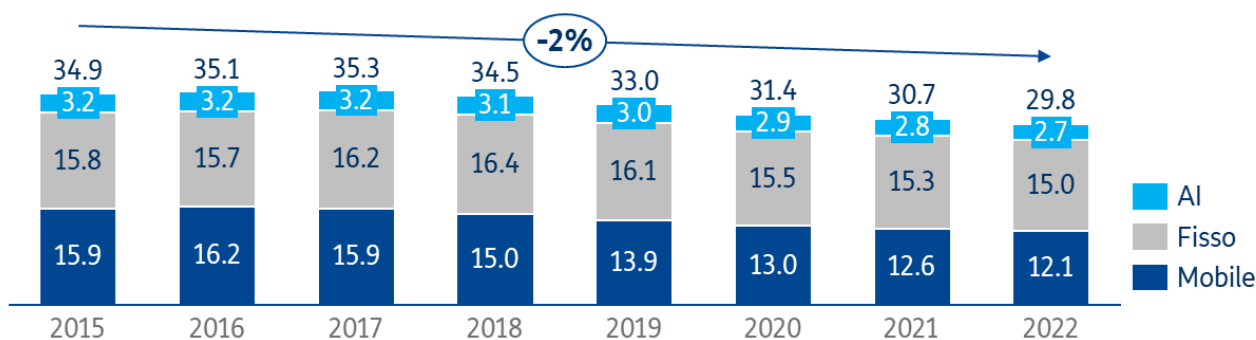
Le peculiarità e le promesse dell'intelligenza artificiale offrono un terreno su cui gli operatori sono assolutamente tenuti non solo da esplorare, ma ad implementare rapidamente, come importante contributo alla sostenibilità del business TLC

### I benefici dell'intelligenza artificiale sugli operatori TLC italiani

Abbiamo visto come BCG presenti una prospettiva dettagliata su ambiti operativi tipici di un operatore TLC e benefici economici che l'applicazione dell'intelligenza artificiale apporterebbe. Con essa BCG fornisce un quadro incoraggiante di come l'adozione completa dell'intelligenza artificiale possa influenzare i ricavi lordi e i costi operativi nel settore delle telecomunicazioni.

Applicando le percentuali di benefici individuate da BCG, al periodo del 2015 al 2021 è possibile effettuare una simulazione: se gli operatori TLC italiani avessero applicato pienamente l'intelligenza artificiale in tale periodo avrebbero potuto ottenere un aumento cumulato dei ricavi lordi pari a +24 miliardi di euro, equivalenti a oltre 3 miliardi di euro all'anno, in particolare dovuti alla creazione di nuove opportunità di reddito attraverso l'adozione di soluzioni basate sull'intelligenza artificiale ed al miglioramento della qualità dei servizi esistenti.

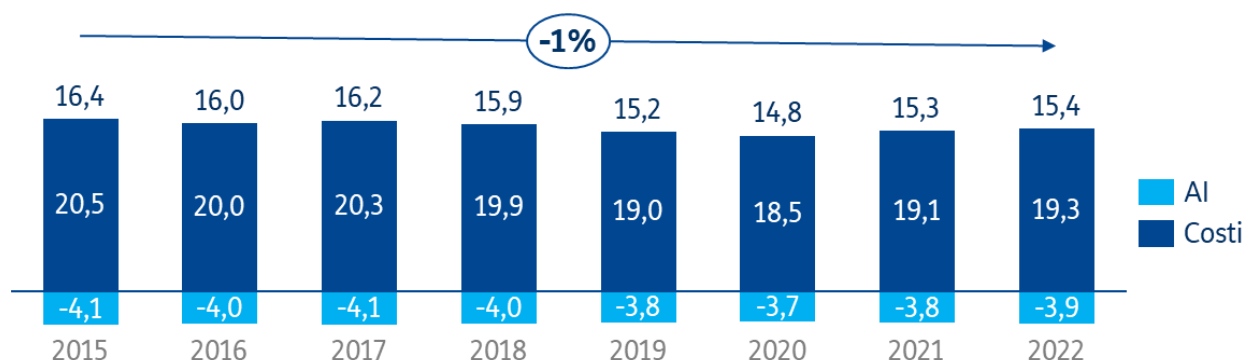
Ricavi lordi in presenza di AI nel periodo 2015-2022 (Mrd €)



Fonte: Elaborazioni Centro Studi TIM su dati Asstel e BCG

Contestualmente, le stime BCG in termini di costi suggeriscono dei benefici potenziali cumulati di 31,3 miliardi di euro, grazie all'automazione di processi, alla riduzione degli errori operativi e all'efficientamento delle risorse, contribuendo a migliorare i margini operativi complessivi degli operatori TLC.

Costi operativi in presenza di AI nel periodo 2015-2022 (Mrd €)



Fonte: Elaborazioni Centro Studi TIM su dati Asstel e BCG

È evidente il potenziale positivo dell'intelligenza artificiale nel settore delle telecomunicazioni in Italia. Tuttavia, è fondamentale considerare che il conseguimento di tali benefici dipende dalla effettiva adozione dell'intelligenza artificiale, sulla base della evoluzione delle condizioni di mercato, della regolamentazione e delle tecnologie emergenti nel contesto italiano delle telecomunicazioni.

### La spinta dell'intelligenza artificiale al consumo di Cloud

Un ultimo aspetto da considerare è l'effetto che potrebbe avere l'AI nello stimolare la diffusione di nuove applicazioni. L'intelligenza artificiale e il machine learning, diventando sempre più diffusi in una vasta gamma di settori, dalla sanità all'istruzione, portano a un aumento significativo del consumo di risorse cloud, tra cui la capacità di elaborazione e lo spazio di memoria.

Il machine learning, in particolare, richiede una grande quantità di potenza di calcolo e memoria per l'addestramento e l'esecuzione dei modelli. Questo processo implica l'analisi di grandi quantità di dati, l'aggiornamento dei pesi del modello e la memorizzazione dei modelli addestrati per l'uso futuro. Queste operazioni richiedono una notevole capacità di elaborazione e spazio di memoria, che vengono forniti attraverso le risorse cloud.

Inoltre, l'AI e il machine learning sono tecnologie in continua evoluzione. Nuovi algoritmi e tecniche vengono sviluppati regolarmente, ognuno dei quali può richiedere ulteriori risorse cloud. Ad esempio, gli algoritmi di deep learning, sottocategoria del machine learning, possono richiedere ancora più potenza di calcolo e memoria a causa della loro complessità e della quantità di dati che possono elaborare.

Dato l'aumento del consumo di risorse elaborative e di memorizzazione richiesto da AI e machine learning, ci si rivolge sempre più verso l'ambiente cloud, grazie alla sua scalabilità e a un uso efficiente delle risorse, portando miglioramenti significativi nelle prestazioni e nell'efficienza delle applicazioni.

Per tale motivo, l'adozione diffusa di AI e machine learning porterà sicuramente a un aumento costante del consumo di risorse cloud.

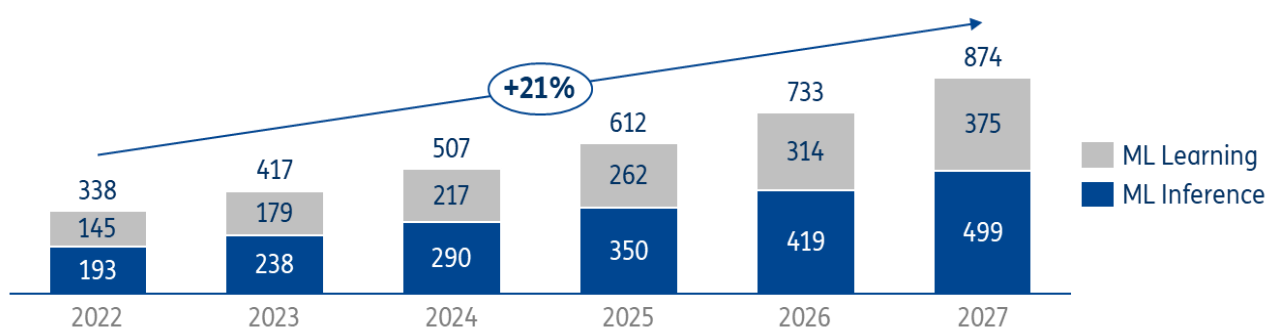
L'OCSE in un suo recente rapporto<sup>52</sup> volto ad analizzare l'impatto ambientale dell'AI e delle sue applicazioni, riporta alcune stime di impiego delle risorse cloud.

Ad esempio, Google nel suo Sustainability Report 2022<sup>53</sup>, afferma che i carichi di lavoro di machine learning rappresentavano già circa il 15% del proprio consumo energetico totale negli ultimi tre anni.

OCSE riporta che un grande fornitore di calcolo cloud stima che tra il 7-10% della spesa totale dei clienti aziendali per l'infrastruttura di calcolo supporta le applicazioni di AI, con il 3-4,5% utilizzato per l'addestramento dei modelli di machine learning e il 4-4,5% speso per l'utilizzo di questi modelli (noto come "inferenza").

Sulla base di queste evidenze, considerando la previsione di spesa in risorse cloud nei prossimi anni fino al 2027, secondo IDC, si può prevedere quanto di questa sia dovuto all'uso di AI e Machine learning.

Spesa in Public Cloud indotta dal Machine Learning in Italia (Mio €)



Fonte: Elaborazioni Centro Studi TIM su dati Markets & Markets, OECD, Oxford Economics

<sup>52</sup> OECD, "Measuring the environmental impacts of artificial intelligence compute and applications: The AI footprint", OECD Digital Economy Papers, Novembre 2022 (<https://doi.org/10.1787/7babf571-en>).

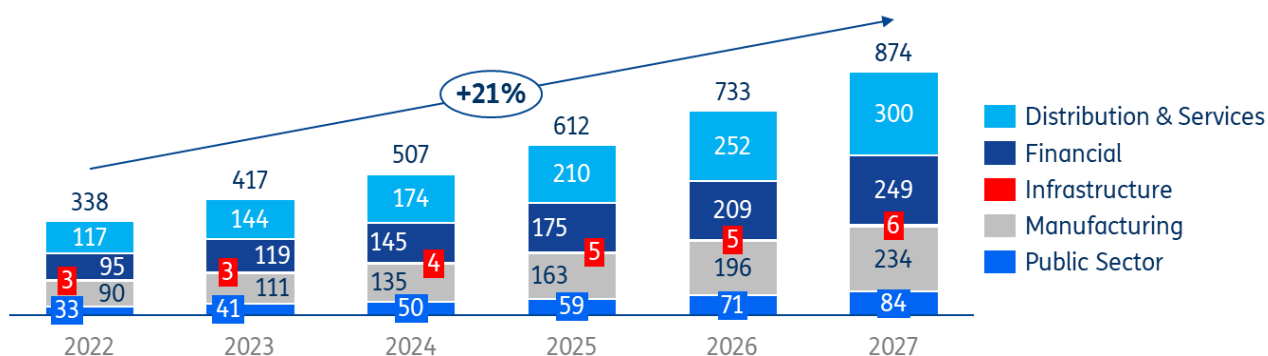
<sup>53</sup> Google, Environmental Report 2022, giugno 2022

## 4 – L'AI nel mondo delle Telco

Ne risulta che nel 2027 la diffusione del solo Machine Learning genererà in Italia una spesa di oltre 870 Mio € nei servizi di Public Cloud.

Analogamente è possibile rappresentare tale spesa per settore industriale, da cui si evidenzia che la maggiore componente sarà nel settore di distribuzione e servizi.

Spesa in Public Cloud indotta dal Machine Learning in Italia per industry (Mio €)



Fonte: Elaborazioni Centro Studi TIM su dati IDC, OECD, Oxford Economics



# **CAPITOLO 5**

---

L'innovazione in  
USA, Cina ed Europa

## CAPITOLO 5

## L'innovazione in USA, Cina ed Europa

## L'accelerazione degli investimenti nell'AI: dalla ricerca accademica a quella industriale

La curva di evoluzione dell'AI ha registrato una forte accelerazione negli ultimi anni. Come abbiamo visto nei capitoli precedenti, ad alimentare questa crescita esponenziale hanno contribuito:

- la progressiva maturazione delle **tecnologie**, che oggi permettono una maggiore potenza di elaborazione, analisi e trasmissione delle informazioni in tempi più rapidi, nonché una grande capacità di archiviazione;
- la consapevolezza e la determinazione con cui vengono raccolti i **dati** prodotti da ogni singola attività, per utilizzarne le informazioni per diverse finalità (manutenzione, affinamento dei prodotti, sfruttamento commerciale, ecc.);

A questi due ingredienti fondamentali, motore e carburante per lo sviluppo dell'AI si è aggiunta la **spinta motivazionale** a conquistare la leadership nell'evoluzione di questa tecnologia, il propellente che ha innescato una competizione tra aziende e sistemi che talora sconfinava oltre i semplici interessi di mercato, dal momento che l'AI può trovare applicazione anche in campo militare ed è per questo una “*dual use technology*”, ossia utilizzabile non solo per lo sviluppo di soluzioni commerciali, lavorative o indirizzate alle esigenze della vita quotidiana, ma anche per finalità strategiche e difensive.

L'efficacia dimostrata dalle prime applicazioni ha attratto ingenti investimenti e questo ha irrobustito il processo di innovazione e permesso di allargare il perimetro dell'ecosistema dell'AI in tutti i contesti – seppure con alcune differenze – e di spostare il baricentro della ricerca dall'accademia all'industria. Ne è un esempio quanto accaduto nel campo dei sistemi linguistici e multimodali (LLMM), i modelli alla base delle soluzioni di AI generativa: GPT-2, rilasciato nel 2019, poteva operare su 1,5 miliardi di parametri, con un costo di addestramento di 50 mila dollari, un valore ancora contenuto ed ancora alla portata della ricerca accademica. PaLM, operativo dal 2022, lavora con 540 miliardi di parametri ed ha un costo di addestramento di 8 milioni di dollari, valori che sono rispettivamente 360 e 160 volte più grandi rispetto al modello di riferimento di soli 3 anni prima, un segnale dell'evoluzione esponenziale che si sta registrando in questo settore.



### **Nella ricerca relativa alle soluzioni di intelligenza artificiale l'industria ha superato il mondo accademico dal 2014**

È evidente che al crescere della scala dimensionale, il coinvolgimento del settore privato diventa sempre più necessario. Guardando ai dati proposti dall'AI Index 2023 Annual Report della Stanford University<sup>54</sup>, basati sull'esplorazione dei dati raccolti da Epoch<sup>55</sup>, possiamo individuare tre fasi:

- un primo periodo che grossomodo abbraccia una decina di anni in cui la realizzazione di sistemi di machine learning è un fenomeno tipicamente universitario.
- Dal 2014 inizia l'interesse del mondo privato ed aumentano sia i rilasci di sistemi prodotti interamente dal sistema industriale, sia quelli realizzati da progetti comuni.
- Dal 2018 in poi il mondo industriale diventa il motore principale di generazione di sistemi di machine learning, mentre allo stesso tempo si riducono, fino quasi ad azzerarsi, i rilasci prodotti da collaborazioni e diminuiscono anche quelli realizzati in campo accademico.

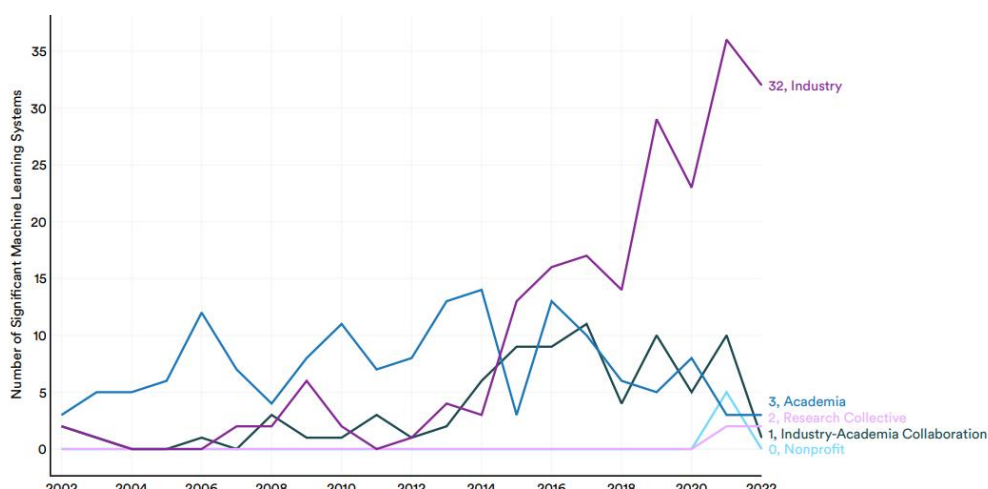
Nel 2022, il database conta 32 rilasci di sistemi di machine learning prodotti dal mondo industriale, 3 realizzati dall'ambito accademico, 1 collaborazione e nessun aggiornamento da parte di progetti no-profit.

---

<sup>54</sup> <https://aiindex.stanford.edu/report/>

<sup>55</sup> Epoch è un istituto di ricerca specializzato nella raccolta ed analisi delle informazioni legate allo sviluppo dei sistemi di AI nel tempo <https://epochai.org/>

## Numero di sistemi di machine learning significativi per settore (2002-2022)



Fonte: "The AI Index 2023 Annual Report," Institute for Human-Centered AI, Stanford University, Stanford, CA, April 2023

Se quindi in passato la ricerca e lo sviluppo dei principali modelli di machine learning è stato dominio delle principali istituzioni e centri accademici, negli ultimi anni si è andata affermando sempre di più l'attenzione delle principali industrie mondiali nella progettazione e nella realizzazione di modelli AI, grazie anche alla maggiore disponibilità di dati, risorse e capacità informatiche/computazionali e finanziarie, elementi essenziali per sostenere lo sviluppo delle tecnologie AI. I ricercatori di Epoch esaminano un database più ampio e distinguono tra una fase di pre-deep learning che parte dagli anni 50 e arriva fino al 2010, cui segue la fase di deep-learning (dal 2010 al 2016) e poi quella che prende il nome di sviluppo su larga scala, in cui il numero di parametri dei sistemi cambia decisamente passo, ma si impennano anche i costi ed i tempi di addestramento<sup>56</sup>.

L'ingresso dell'industria porta quindi spalle più larghe su cui appoggiare lo sviluppo della tecnologia AI: nel 2022 il flusso di investimenti ha raggiunto all'incirca 185 miliardi di euro il doppio di quanto era stato investito nel 2019 e 13 volte di più del livello del 2013. Tuttavia, il volume è in calo rispetto al 2021, quando erano stati investiti quasi 270 miliardi di euro (un taglio di oltre il 30%). Una delle ragioni del rallentamento potrebbe essere proprio il "peso" dei nuovi sistemi di AI, che diventano sempre più onerosi in termini di tempi e costi di addestramento. Questo potrebbe aver spinto le aziende a concentrarsi sui progetti e sulle linee più promettenti, anche al fine di evitare bolle speculative che hanno caratterizzato alcuni sviluppi tecnologici del passato (ad esempio la bolla dei

<sup>56</sup> Epoch, 'Parameter, Compute and Data Trends in Machine Learning'. Published online at epochai.org. Retrieved from: <https://epochai.org/mlinputs/visualization>

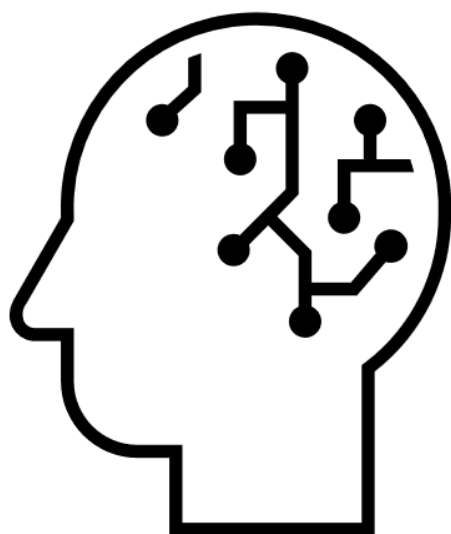
dot.com dei primi anni 2000). È anche da considerare che lo sviluppo dei sistemi di AI, sviluppati su larga scala e per applicazioni commerciali inizia a produrre alcuni effetti indesiderati. L'AIAAIC è un'associazione statunitense che raccoglie informazioni sugli “incidenti” dei sistemi di AI, intendendo con ciò i casi di impiego difforme delle tecnologie rispetto alle intenzioni, l'utilizzo di dati senza le dovute autorizzazioni e perfino i casi di uso malevolo ed intenzionale (deepfake di audio o immagini). Gli incidenti registrati nel database AIAAIC erano in media 21 l'anno nel periodo 2014-2018 e sono diventati 95 nel quadriennio 2019-2022, con una punta di 175 incidenti registrati nel 2021. Questo ha spinto le imprese a rafforzare l'attenzione sui team di sviluppo al fine di evitare la proliferazione di queste situazioni.

Sia l'aumento dei costi e dei tempi di addestramento, sia il verificarsi di incidenti, sono fattori che diventano estremamente importanti in una fase in cui è l'industria a guidare lo sviluppo dei sistemi di AI ed entrambe le situazioni possono aiutarci a comprendere l'andamento dei dati di investimento rendendo ancora più interessante esplorare verso quali iniziative si stanno rivolgendo gli investimenti privati.

### Le direttrici di investimento

Da questo punto di vista, emergono alcune differenze tra gli investimenti complessivi del settore privato e quelli dei venture capital verso le start-up, che rappresentano una frontiera ancora più avanzata nell'applicazione della tecnologia AI. Il rapporto della Stanford University presenta il volume totale di investimenti privati ed evidenzia che la maggior parte degli investimenti si è indirizzato verso il settore medico e sanitario (6,1 miliardi di dollari), seguito da big data e cloud (5,9 miliardi di dollari) Fintech (5,5 miliardi di dollari), cybersecurity e protezione dei dati (5,4 miliardi di dollari) commercio al dettaglio (4,2 miliardi di dollari).

Di questi 5 maggiori ambiti di investimento, l'unico che mostra una crescita continua dal 2017 ad oggi è quello della cybersecurity, mentre gli altri evidenziano la contrazione già osservata per gli investimenti complessivi tra il 2021 ed il 2022. È possibile operare una riclassificazione dei dati, distinguendo tra sistemi di machine learning indirizzati allo sviluppo ed al miglioramento di tecnologie e infrastrutture (la gestione e l'elaborazione dei dati, il cloud, le reti, ma anche i droni e la realtà virtuale ed aumentata), quelli che vengono realizzati per migliorare funzioni abilitanti, trasversali a più settori (dal riconoscimento facciale alla sicurezza e alla geolocalizzazione) e quelli che nascono per esigenze specifiche di settori verticali (settore finanziario e assicurativo, energia, sanità, ecc.). Seguendo tale classificazione, ne deriva che la metà degli investimenti è orientata per soddisfare lo sviluppo di sistemi che assolvono ad interessi di specifici settori.



50%

### AI per soluzioni specifiche di SETTORI VERTICALI

Settore finanziario e assicurativo, Sanità, Energia, Retail, Agritech

20%

### AI per lo sviluppo di FUNZIONI DI SUPPORTO TRASVERSALI

Riconoscimento facciale, Sicurezza, Geolocalizzazione

30%

### AI per lo sviluppo di INFRASTRUTTURE E TECNOLOGIE

Gestione ed elaborazione dati, Cloud, AR/AV, Droni, ecc.

Fonte: elaborazione su dati "The AI Index 2023 Annual Report," Institute for Human-Centered AI, Stanford University, Stanford, CA, April 2023

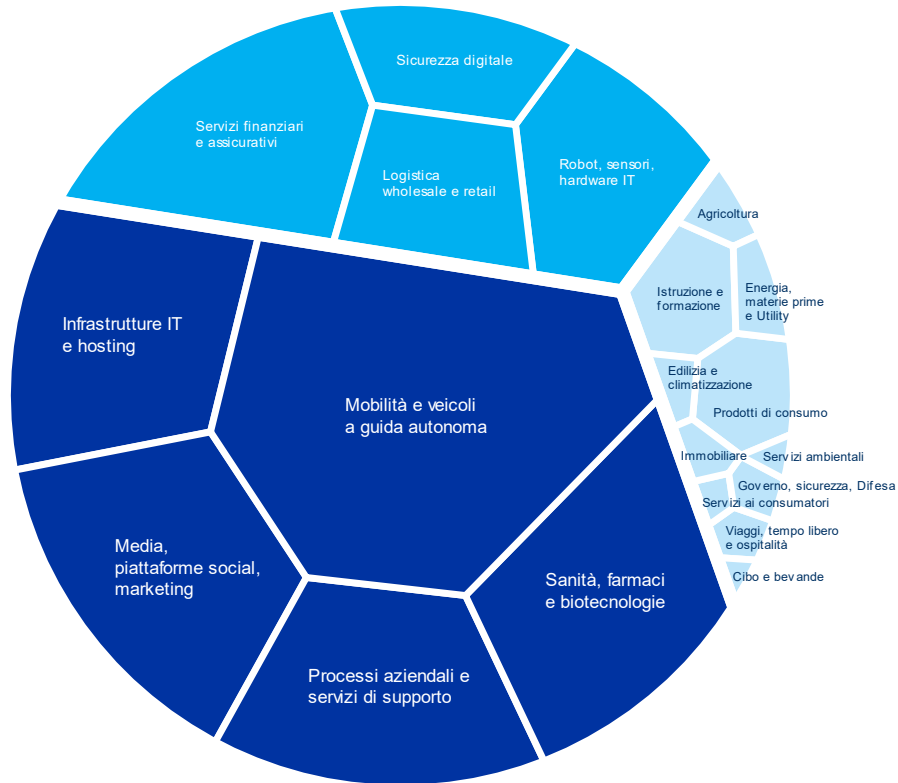
Un punto di vista differente ci è offerto dall'OCSE che si focalizza sugli investimenti dei fondi di venture capital nello sviluppo dell'AI. Si tratta ovviamente di un'analisi con un obiettivo ancora più stretto, che va ad esplorare un flusso di investimenti verso iniziative che possono essere considerate ancora più "di frontiera", estremamente innovative, ma per questo anche più rischiose.

Dal 2012, anno dopo anno, una quota tra il 60 ed il 75% degli investimenti dei venture capital in AI si è indirizzato verso 5 ambiti di applicazione principali: mobilità e veicoli autonomi, media e social, sanità e biotecnologie, processi di business e di supporto, reti e piattaforme IT.

Gli altri segmenti hanno attratto nel tempo un flusso più variabile di investimenti ma emergono 4 comparti più rilevanti, che hanno raccolto una quota tra il 20 ed il 30% degli investimenti: servizi finanziari e assicurativi, robotica e sensoristica, logistica e trasporti, sicurezza digitale.

Più indietro gli investimenti in altri ambiti, in cui si ritrovano prevalentemente comparti dei servizi, oltre all'agricoltura e il settore edile, che complessivamente hanno raccolto tra il 10 ed il 15% delle risorse.

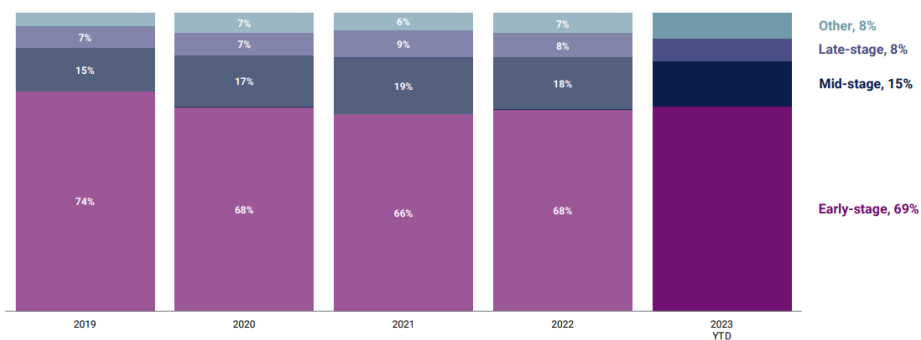
Investimenti di Venture Capital in AI per settore di attività (2013-2022)



Fonte: Elaborazioni Centro Studi TIM su dati Stanford University

Osservando l'andamento degli investimenti di Venture Capital per fase di maturazione del ciclo di vita aziendale, emerge che a livello mondiale circa il 70% degli investimenti in AI si indirizza verso imprese che si trovano nella fase di early-stage. Una situazione quindi che favorisce l'emergere di innovazione e fornisce grandi opportunità di sviluppo.

Ripartizione degli investimenti di VC per fase di sviluppo delle startup finanziate



Fonte: CBInsights

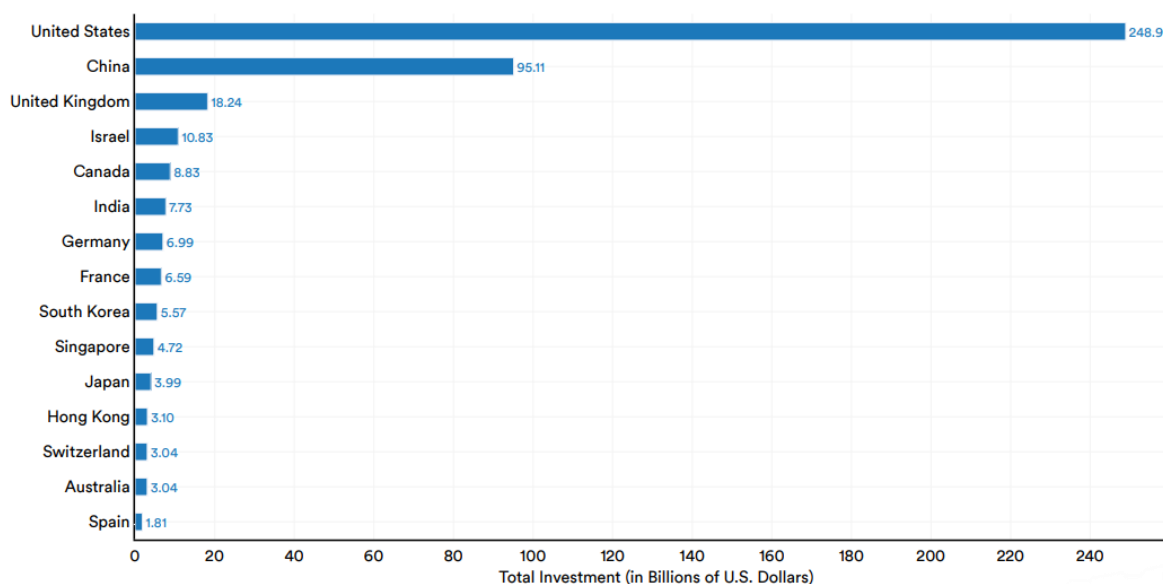
## La corsa tra Stati Uniti e Cina per conquistare la leadership dell'AI

L'osservazione dei dati sull'evoluzione dell'AI fa emergere con forza il ruolo di Stati Uniti nello sviluppo di questa tecnologia. Questo confronto si evidenzia in tutti gli ambiti:

Nello sviluppo di sistemi di machine learning, considerando tutti i rilasci registrati nel corso del 2022, gli Stati Uniti ne avevano sviluppati 16, seguiti da Unione Europea e Regno Unito con 12 e dalla Cina con 3.

Negli investimenti privati si evidenzia la supremazia incontrastata degli Stati Uniti, che hanno indirizzato un volume che è 2,5 volte quello della Cina. I paesi europei seguono distaccati in ordine sparso.

### Valore cumulato degli investimenti privati in AI per area geografica (2013-2022)

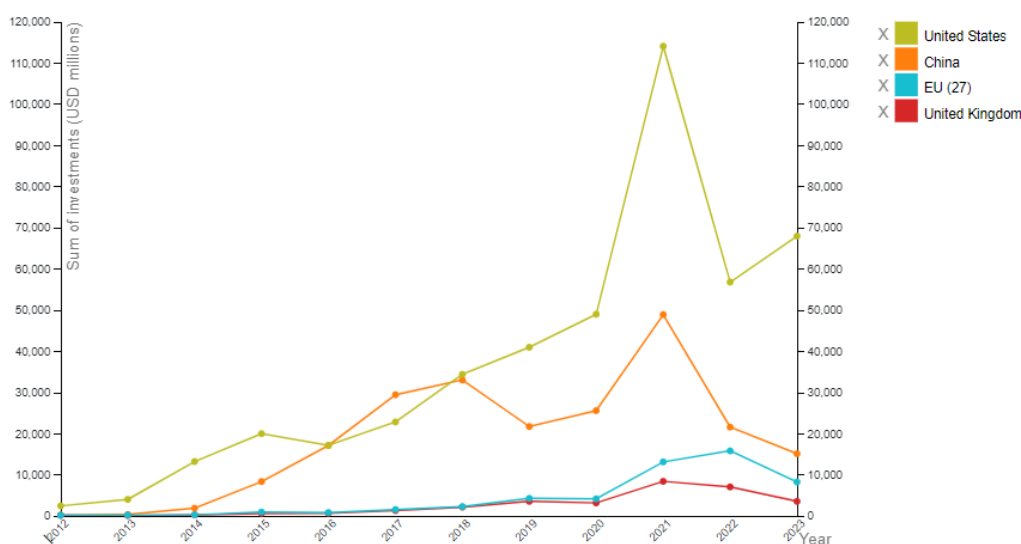


Fonte: "The AI Index 2023 Annual Report," Institute for Human-Centered AI, Stanford University, Stanford, CA, April 2023

In termini di creazione di nuove aziende costituite per lo sviluppo di sistemi di AI, il numero di quelle create negli USA è 3,5 volte quello della Cina e oltre 7 volte quello di UE e UK messi assieme.

In termini di investimenti di venture capital, dal 2018 gli USA hanno cambiato passo ed hanno staccato la Cina, mentre l'Unione Europea e UK sono largamente attardati.

### Investimenti di fondi di venture capital in AI per area geografica (valore cumulato dal 2012) – milioni \$



Fonte: OECD.AI (2023), visualizzazione JSI con dati Preqin

La Cina sopravanza invece gli USA per numero di richieste di brevetti e per articoli, pubblicazioni scientifiche e citazioni.<sup>57</sup> Secondo l'AI Vibrancy Tool<sup>58</sup> realizzato da Stanford University, un indice composito che cerca di pesare i diversi ambiti che possono restituire lo stato di sviluppo dell'AI nei diversi paesi, la Cina supera gli USA anche in termini di concentrazione di talenti, anche se entrambi i Paesi si collocano dietro a paesi asiatici (India, Corea del sud e Singapore), europei (Germania e Svizzera) e Israele.

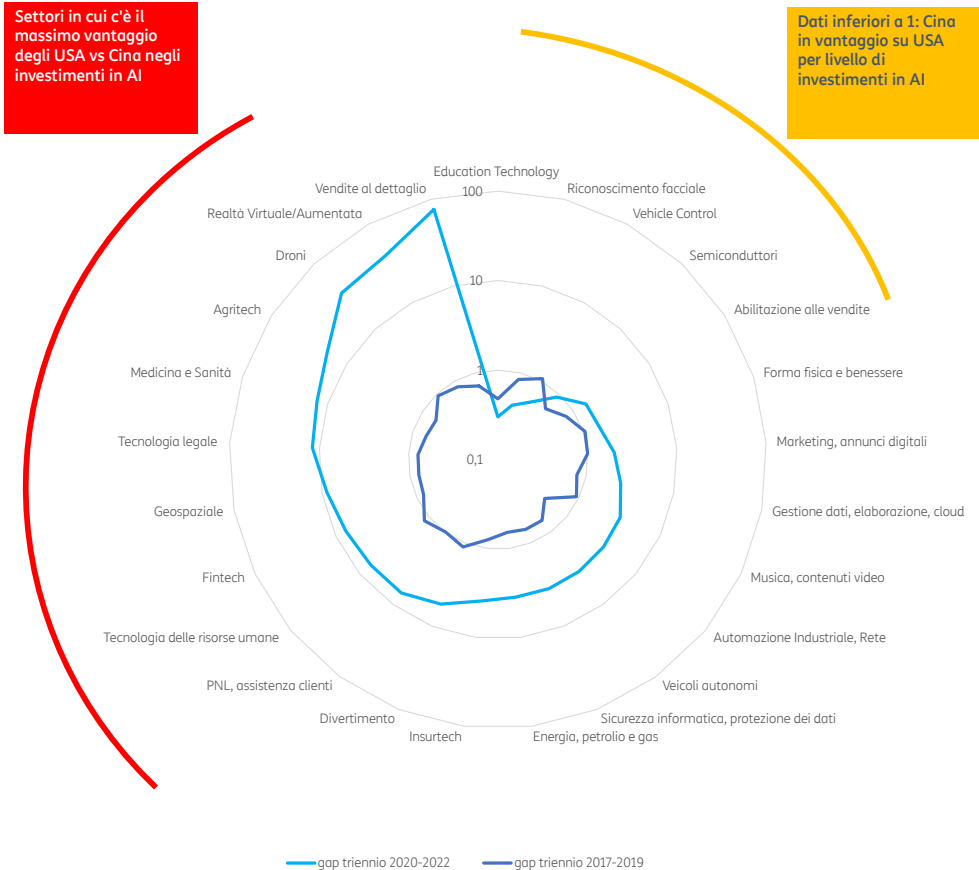
Guardando ai numeri nel complesso, la situazione sembra quindi mostrare un motore trainante ed un inseguitore particolarmente motivato a ridurre le distanze, con l'obiettivo di conquistare la leadership nello sviluppo di questa tecnologia. Guardando agli investimenti nei singoli ambiti, distinguendo tra il triennio 2017-2019 e quello successivo 2020-2022, osserviamo una storia differente: mentre nel primo triennio la Cina ha un livello di investimenti superiore agli USA in quasi

<sup>57</sup> Un recente studio del Centro di Economia Digitale (CED), evidenzia che se si restringe il campo alle pubblicazioni più significative, individuate come quelle che figurano nel primo percentile per citazioni ricevute, la ricerca USA si colloca al primo posto con il 40% di articoli superando la Cina che si posiziona comunque al secondo posto con oltre il 30% di pubblicazioni. Centro Economia Digitale – Tecnologie di Frontiera (2023) <https://www.centroeconomia digitale.com/wp-content/uploads/2023/11/CED-Tecnologie-di-Frontiera.pdf>

<sup>58</sup> <https://aiindex.stanford.edu/vibrancy/>

tutti gli ambiti, nel secondo triennio gli Stati Uniti accelerano ed aumentano il vantaggio, come se si fosse registrata una accelerazione in risposta ad una possibile minaccia.

Gap tra il livello di investimenti in AI degli USA rispetto alla Cina per ambito tecnologico (triennio 2017-19 vs. 2020-2022)



Nota: trasformazione logaritmica.

Fonte: Elaborazione Centro Studi TIM su dati Stanford University

Restano però delle aree in cui questa distanza è minore o dove addirittura la Cina ha investito di più degli USA nell'ultimo triennio, in particolare per soluzioni di AI che si rivolgono al controllo dei veicoli, al riconoscimento facciale, all'industria dei semiconduttori, ma anche alle tecnologie Edutech, che facilitano l'apprendimento. Peraltro, nel 2022, la Cina ha sopravanzato il volume di investimenti privati degli USA anche nell'ambito dell'automazione industriale e delle reti.



### Il ruolo dell'Europa

Il primo Rapporto sullo Stato del Decennio Digitale, pubblicato lo scorso settembre dalla Commissione Europea, permette di confrontare il peso specifico delle diverse aree politico-economiche nello sviluppo delle tecnologie digitali. Nonostante, come anticipato, l'ecosistema digitale appaia ancora dominata da Stati Uniti e Cina, nel corso degli ultimi 30 anni lo sviluppo delle tecnologie digitali ha assunto un ruolo sempre più centrale nelle strategie dell'Unione Europea. Nelle tre grandi aree sono localizzate all'incirca il 70% del totale delle attività legate al mondo digitale, ma l'UE in questo quadro rappresenta il terzo attore con un peso molto limitato rispetto alle altre due aree.

Queste conclusioni sono tratte dallo studio di accompagnamento al rapporto<sup>59</sup> che effettua una approfondita disamina del “profilo digitale” delle diverse aree, individuando 15 cluster tecnologici – dai “semiconduttori”, al “5G and beyond”, dall'IoT alla stampa 3D – ed osservando l'intensità con la quale gli attori presenti in ogni singolo contesto perseguono i loro obiettivi in modo da basare l'analisi sui comportamenti e sui risultati invece che sulla numerosità e sulle dimensioni degli attori. Lo studio include anche una ricostruzione delle relazioni tra aree geografiche, attività di ricerca/innovazione e dominio tecnologico di applicazione mediante la tecnica della Network Analysis in modo da dare una rappresentazione grafica dell'ecosistema globale ed individuare il diverso grado di centralità degli attori.

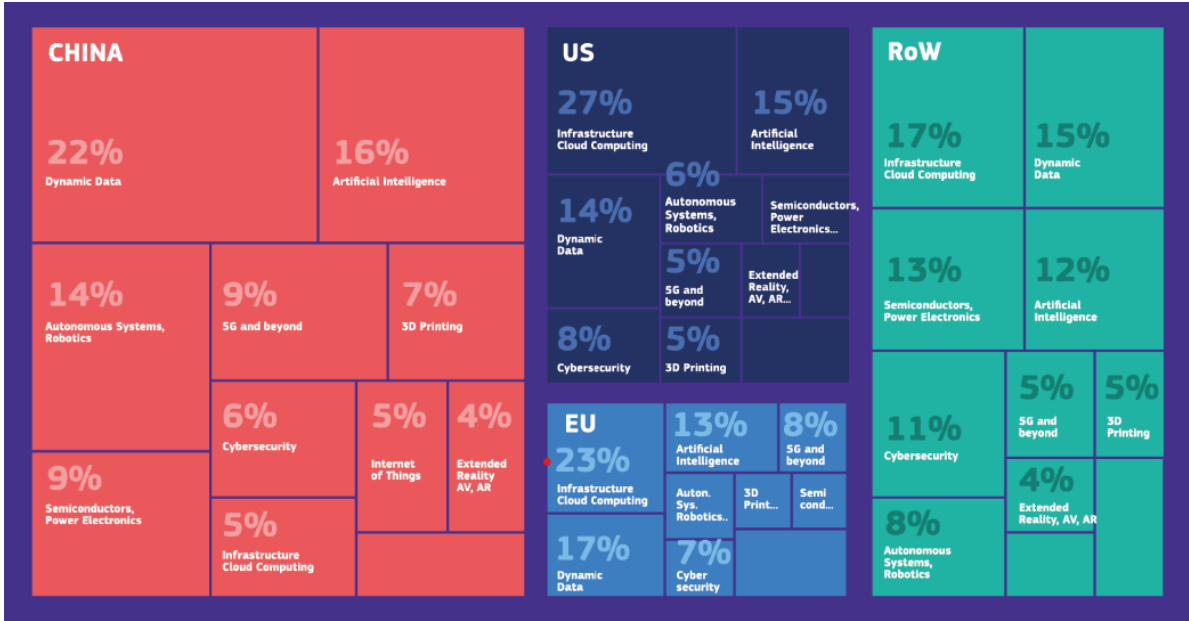
Lo studio di accompagnamento è una preziosa raccolta di dati e ci permette di effettuare alcune riflessioni sul comportamento strategico europeo in termini di innovazione, in particolare sul tema dell'intelligenza artificiale.

---

59 Calza, E., Dalla Benetta, A., Kostić, U., Mitton, I., Moraschini, M., Vázquez-Prada Baillet, M., Cardona, M., Papazoglou, M., Righi, R., Torrecillas Jódar, J., López Cobo, M., Cira, P.P., De Prato, G., Analytical insights into the global digital ecosystem (DGTES), Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/811932, JRC132991

In Europa, l'AI rappresenta all'incirca il 13% delle attività dell'ecosistema digitale, una quota simile, in termini percentuali, a quella delle altre aree esaminate (Cina: 16%; USA: 15%; Resto del Mondo: 12%).

Principali driver della trasformazione digitale dell'Europa nel 2022



Fonte: Calza et al., "Analytical Insights into the global digital ecosystem (DGTES)", 2023

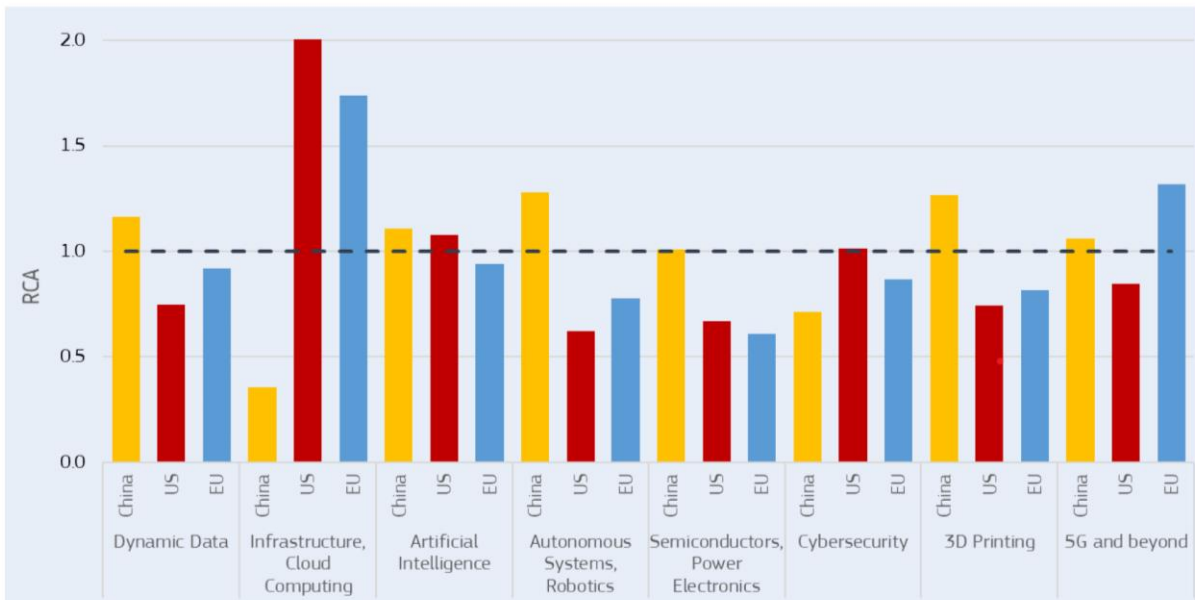
Il rapporto evidenzia che mentre USA e UE hanno un profilo simile – in cui la triade Cloud-AI-Dati rappresenta oltre il 50% del totale, in Cina la robotica assume un ruolo più rilevante rispetto al Cloud mentre nel Resto del Mondo – dove sono incluse altre aree ad alta intensità di innovazione come UK, Giappone e Sud Corea – l'AI retrocede al quarto posto, superata dal cluster dei semiconduttori.

**In Europa, l'AI si sviluppa in un contesto più "aperto" e meno orientato alla ricerca di applicazioni specifiche per il sistema produttivo-industriale**

Dunque, almeno in prima battuta, possiamo desumerne che mentre in Cina una gran parte dello sviluppo digitale è relativamente più orientato al sistema produttivo-industriale (visto anche il rilievo della stampa 3D nel quadro dei cluster più rilevanti), il profilo tecnologico di USA e UE è invece maggiormente caratterizzato da una focalizzazione sulla filiera del dato, che va peraltro anche protetto e trasferito (da cui il peso delle attività di cybersecurity e 5G nei due contesti occidentali). Dunque, l'AI in USA ed in UE ha il vantaggio di potersi collocare in un contesto digitale più "generalista" e quindi più aperto, aspetto che potrebbe influire sulle modalità di impiego di tale tecnologia.

Una seconda considerazione riguarda il vantaggio competitivo nei principali cluster digitali delle tre aree geografiche principali. Il grafico sottostante riporta il risultato dell'analisi dello studio, dove un valore superiore ad 1 evidenzia un vantaggio comparato di un'area geografica nel cluster digitale considerato.

**Indice di vantaggio/svantaggio comparato (Revealed Comparative Advantage – RCA) per settore digitale in Cina, Stati Uniti ed Europa (2009-2022)**



Le attività associate a più settori digitali sono conteggiate in ognuno di essi; quelle condivise tra più aree geografiche (come le collaborazioni su brevetti), sono conteggiate in tutte aree coinvolte. La linea tratteggiata corrisponde alla media mondiale (RCA=1).

Fonte: JRC Analytical insights into the global digital ecosystem (DGTES)

Il grafico permette di evidenziare che l'UE presenti un vantaggio comparato (valore > 1) per i domini del cloud e del 5G, ossia per due ambiti per i quali sono state formulate delle strategie volte a rafforzare la sovranità digitale e l'autonomia strategica dell'Unione, attraverso *policy* mirate. Un buon posizionamento si ottiene anche riguardo i cluster tecnologici dei dati e della cybersecurity, anch'essi ambiti che riscuotono una grande attenzione da parte dell'UE.

**Laddove l'UE riesce ad esprimere un proprio chiaro posizionamento su cui far convergere i diversi interessi dei Paesi, il mercato riesce ad esprimere delle posizioni di forza**

Semplificando i concetti, si potrebbe sostenere che nei cluster tecnologici per i quali l'UE riesce ad esprimere un chiaro posizionamento, individuando *policy* e normative in grado di sostenere le proprie aziende, il mercato riesce a sua volta a costruire dei punti di forza. Chiaramente ciò non significa che su questi ambiti l'UE possa vantare una chiara leadership digitale, ma che possa quanto meno influire sulla loro evoluzione sia a livello globale, sia per quel che riguarda l'offerta di servizi nel proprio mercato di riferimento. Da un certo punto di vista il grafico, evidenzia anche che lo sviluppo dell'AI sia ancora contendibile, con le tre aree geografiche attestate attorno alla soglia che evidenzia il vantaggio competitivo. Nonostante la diversa scala delle aziende europee rispetto a quelle cinesi e

statunitensi, su questo ambito è quindi ancora possibile esprimere una *leadership* ed una posizione autonoma soprattutto se l'Unione Europea sarà in grado di continuare ad alimentare la ricerca e l'innovazione attraverso investimenti mirati<sup>60</sup> e ad individuare un modello di sviluppo dell'AI che sia coerente con i propri principi e valori, trovando un equilibrio (non facile) tra l'esigenza di garantire i diritti degli individui, la richiesta di flessibilità delle imprese, la tenuta dei sistemi sociali e del lavoro.

### Diversi contesti, diversi approcci regolamentari, diversi modelli di AI

La riflessione su quale modello di AI dovrebbe essere sostenuto rappresenta un punto non secondario nello sviluppo di una tecnologia dalla quale ci aspettiamo una sempre maggiore capacità autonoma di interazione nelle nostre future attività. In effetti, per quanto alcune aree mondiali si trovino oggi ad avere un vantaggio in alcuni ambiti di sviluppo (nella produzione di chip per l'AI, gli USA sono ad esempio più avanti rispetto ad altri sistemi concorrenti), è probabile che nel futuro potranno esistere differenti sistemi di AI altamente specializzati la cui capacità sarà senza

---

<sup>60</sup> Al fine di irrobustire la spinta all'innovazione nei sistemi di AI, la Commissione Europea ha indicato nel Nuovo Piano Coordinato sull'AI del 2021 una proposta di investimento di almeno 1 miliardo di euro all'anno attraverso i programmi Digital Europe e Horizon Europe tra il 2021 e il 2027 con l'obiettivo di aumentare gradualmente tali investimenti fino a un totale di 20 miliardi di euro all'anno (compresi gli investimenti degli Stati membri e del settore privato) "nel corso di questo decennio".

dubbio correlata alle finalità per le quali i sistemi verranno addestrati e alla disponibilità e alla qualità dei dati utilizzati per il loro affinamento. Più chiaramente, il diverso contesto in cui i sistemi di AI vengono sviluppati influisce sul loro funzionamento ed è quindi un fattore non secondario quello di considerare anche tali aspetti nel valutarne lo sviluppo, esattamente come ambiente sociale, educazione e valori di riferimento influiscono sullo sviluppo intellettuale delle persone, sul loro carattere, sui loro comportamenti.

Da questo punto di vista, un segnale delle differenze tra i diversi contesti è rappresentato dai dibattiti che sono in atto in ogni Paese sullo sviluppo di questa tecnologia e dagli atti di indirizzo e normativi che si stanno elaborando.

Diversi paesi hanno già annunciato le proprie strategie nazionali in materia di AI, focalizzandosi in particolare sul sostegno alla ricerca e all'innovazione (R&I), sullo sviluppo delle competenze e della forza lavoro, sull'accelerazione dell'adozione della tecnologia nel settore pubblico e privato e sulla creazione di un solido ecosistema di dati e infrastrutture ICT. Il punto più delicato è però quello relativo all'aspetto regolamentare che deve garantire un approccio tecnologicamente neutrale sviluppando linee guida e regolamenti in materia di etica, privacy e sicurezza. Da questo punto di vista, alcuni regolatori adottano un approccio più cauto per evitare normative stringenti che potrebbero rallentare lo sviluppo del settore prima che sia completamente maturo. Altri approcci invece partono dalla necessità di sviluppare quadri normativi nuovi, che riescano a trovare un bilanciamento tra l'innovazione e la protezione delle persone da abusi nell'utilizzo di dati e nelle distorsioni nell'adozione di sistemi di AI.

## Un esempio di linee guida etiche

**TIM**

### I principi etici dell'Intelligenza Artificiale

L'Intelligenza Artificiale sta entrando a far parte delle nostre vite attraverso macchine intelligenti che abitano la **trasformazione digitale** dei processi industriali e dell'intera società.

TIM, leader dell'innovazione digitale nel nostro Paese, sta progressivamente applicando soluzioni di Intelligenza Artificiale per migliorare la **Customer Experience** e per **ottimizzare i propri processi interni** in coerenza con il proprio Codice Etico e di Condotta e le linee guida individuate dai principali organismi nazionali e internazionali, nei limiti del proprio ruolo e delle proprie responsabilità.

- Centralità della persona**  
L'Intelligenza Artificiale di TIM mette al centro la persona, rispettando i diritti dell'individuo e promuovendo uno sviluppo equilibrato e sostenibile della società.
- Eguaglianza**  
L'Intelligenza Artificiale di TIM promuove condizioni di imparzialità e rifiuta qualsiasi forma di pregiudizio e di discriminazione.
- Sostenibilità**  
L'Intelligenza Artificiale di TIM contribuisce al benessere della società, al rispetto dell'ambiente e all'uso responsabile delle risorse.
- Trasparenza**  
TIM promuove la consapevolezza sull'adozione di sistemi di Intelligenza Artificiale garantendo trasparenza su modalità e finalità di utilizzo.
- Privacy**  
TIM garantisce anche in ambito di Intelligenza Artificiale la protezione dei dati personali con adeguati livelli di sicurezza.
- Cooperazione**  
TIM promuove l'adozione di questi principi anche nelle soluzioni di Intelligenza Artificiale sviluppate e realizzate con partner.

L'Europa è stata in prima linea nella regolamentazione dell'AI. Già dal 2018 si è iniziato a porre il tema di una intelligenza artificiale a misura d'uomo e i diversi Paesi dell'Unione Europea hanno iniziato un confronto sulle linee guida etiche che hanno portato i principali gruppi industriali operativi su questa tecnologia ad esprimere la propria posizione.

La Commissione Europea ha pubblicato la prima bozza di quadro normativo sull'AI nell'aprile 2021<sup>61</sup> adottando un approccio che impone dei limiti all'utilizzo della tecnologia in funzione di diversi livelli di rischio ed ha proposto di individuare degli attori delegati a sorvegliare lo sviluppo dell'AI:

- il Comitato europeo per l'intelligenza artificiale (presieduto dalla Commissione e composto da rappresentanti degli Stati membri, del Garante europeo della protezione dei dati) che avrebbe il compito di agevolare l'attuazione armonizzata del regolamento, fornire parere ed orientamenti e contribuire all'efficace cooperazione delle autorità nazionali di vigilanza;
- Il Centro Europeo per la Trasparenza Algoritmica che ha l'obiettivo di rafforzare il ruolo di supervisione della Commissione Europea dal punto di vista tecnico e scientifico, monitorare e far rispettare gli obblighi a cui sono sottoposti i motori di ricerca e le grandi piattaforme nell'ambito del Digital Service Act. Un team di esperti nel campo dei sistemi algoritmici sorveglierà il funzionamento degli algoritmi utilizzati assicurandosi che siano conformi ai requisiti di trasparenza, prendano decisioni giustificabili (ossia basate sui criteri di explainability), siano in linea con gli obblighi in termini di risk management.

A seguito della pubblicazione della bozza di regolamento sull'AI sono stati compiuti altri passi ed al momento è in corso il trilogico tra Commissione, Parlamento e Consiglio Europeo al fine di giungere

<sup>61</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0206&from=ES>

ad un accordo sul testo finale. Un ampio dettaglio delle soluzioni e tecniche che l'industria ha sviluppato per riuscire a trovare delle modalità di utilizzo responsabile dell'AI, salvaguardando i diritti fondamentali dei cittadini, evitando abusi e dando la possibilità di comprendere il modo in cui opera il sistema è fornito nel capitolo successivo. Qui proviamo invece ad effettuare una panoramica degli altri approcci regolamentari in via di sviluppo in alcuni Paesi sull'AI.

Il 2023 è stato un anno in cui si è intensificata l'attenzione delle diverse economie sulla definizione di quadri regolamentari per l'AI:

- gli Stati Uniti hanno pubblicato il documento gestione dei rischi legati all'intelligenza artificiale
- il Regno Unito ha espresso le proprie posizioni nel Libro bianco su "Un approccio pro-innovazione alla regolamentazione dell'intelligenza artificiale"
- la Cina ha definito delle misure per i servizi basati sull'intelligenza artificiale generativa

Inoltre, in alcuni paesi sono state prese delle decisioni a livello locale: nel New South Wales australiano è stato creato un quadro di garanzia dell'intelligenza artificiale e la città di New York ha proposto di attuare una legge per limitare l'uso di strumenti automatizzati per le decisioni in merito all'impiego. In prospettiva, il rapporto tra normative locali e nazionali potrebbe diventare un'area di confronto. La società Omdia propone un confronto tra le policy sull'AI in contesti differenti dall'Unione Europea<sup>62</sup> da cui emerge un quadro improntato più al liberismo che alla regolamentazione dell'AI.

Country	Safety	Security	Privacy and data management	Ethics	Collaboration and interoperability	Transparency and accountability
Canada	×	×	×	✓	×	✓
UK	✓	✓	✓	✓	×	✓
US	✓	×	✓	×	×	✓
Australia	×	×	×	✓	×	✓
China	×	×	×	✓	×	✓
Japan	×	×	✓	✓	×	×
Singapore	×	×	×	✓	×	×
South Korea	×	×	×	×	×	✓
Brazil	×	×	✓	✓	×	×

Source: Omdia © 2023 Omdia

<sup>62</sup> Artificial Intelligence (AI) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies Sarah McBride, Gourab Banik, Sonia Agnese – Agosto 2023

Dalla tabella di sintesi riportata, si evidenzia che mentre il Regno Unito ha un approccio in linea con le cautele espresse dall'Unione Europea e Singapore e Corea del Sud hanno invece un orientamento estremamente permissivo, negli altri Paesi si evidenziano tre profili principali in cui

- l'AI non deve arrecare un danno alle persone (Stati Uniti) e quindi l'attenzione è orientata su aspetti di salute, privacy e trasparenza;
- l'AI deve rispettare in modo particolare la privacy degli individui (Giappone)
- l'AI deve essere un sistema in cui si possa intervenire, garantendo in modo particolare trasparenza e responsabilità, senza particolari richiami ai diritti degli individui (Cina, ma anche Canada e Australia).

È interessante inoltre osservare che nessuno dei Paesi considerati presenta delle linee guida che favoriscono la collaborazione e l'interoperabilità dei sistemi di AI.

Chiaramente questa tassonomia è ancora provvisoria, dal momento che il percorso normativo è appena iniziato, ma è comunque indicativa degli aspetti che ciascun contesto ritiene essenziali per sviluppare dei sistemi di AI. Queste differenze potranno avere un ruolo nel futuro per determinare sia le caratteristiche di ciascun sistema di AI, il suo modello di funzionamento, la sua "personalità", sia la velocità con cui si potrà sviluppare un ecosistema nei diversi contesti nazionali.





# **CAPITOLO 6**

---

AI in Europa:  
un modello etico

## CAPITOLO 6

Il capitolo 6 del presente Report è stato rielaborato grazie all'Intelligenza Artificiale da Intesa Sanpaolo Innovation Center. Partendo da testi già a disposizione, sono stati utilizzati diversi algoritmi di Generative Language Model, Chat GPT, Bard e alcuni tentativi con le principali alternative, per effettuarne una rielaborazione ed una integrazione con parti non presenti nel testo originale.

Il lavoro ha richiesto parecchio tempo in quanto ogni paragrafo è stato fatto rielaborare dai diversi algoritmi e per ognuno di essi è stato necessario verificare che le informazioni aggiuntive fossero supportate da fonti attendibili; successivamente sono stati selezionati i paragrafi migliori e da questi, ricomposto il testo finale.

# AI in Europa: un modello etico

## Il ruolo dell'UE nello sviluppo e nella regolazione dell'AI

L'Unione Europea (UE) è il principale motore propulsore delle politiche nazionali in tema di nuove tecnologie e Intelligenza Artificiale. Nel contesto sovranazionale, sono state fornite le prime e principali definizioni di tali strumenti e che è stato dato avvio al processo di regolazione per un utilizzo etico e sicuro dell'Intelligenza Artificiale, con la delineazione di una strategia comune da perseguire nel contesto europeo.

Nel 2018, venticinque Stati membri dell'UE, tra cui l'Italia, hanno firmato una Dichiarazione di cooperazione per l'AI, confermando la volontà di impegnarsi collettivamente per cogliere le opportunità di un utilizzo transfrontaliero dell'Intelligenza Artificiale. In tale occasione, venne già chiarito come la cooperazione si sarebbe concentrata sul rafforzamento dei centri di ricerca europei sull'Intelligenza Artificiale, sulla creazione di sinergie nei programmi di finanziamento di R&S in tutta Europa e sullo scambio di opinioni sull'impatto dell'Intelligenza Artificiale sulla società e sull'economia.

Sulla base di tale Dichiarazione, nel dicembre del 2018, la Commissione europea ha pubblicato un Piano coordinato per promuovere lo sviluppo e l'utilizzo di un'Intelligenza Artificiale "made in Europe", ove è stata prevista una serie di azioni congiunte volte al perseguimento di quattro obiettivi principali:

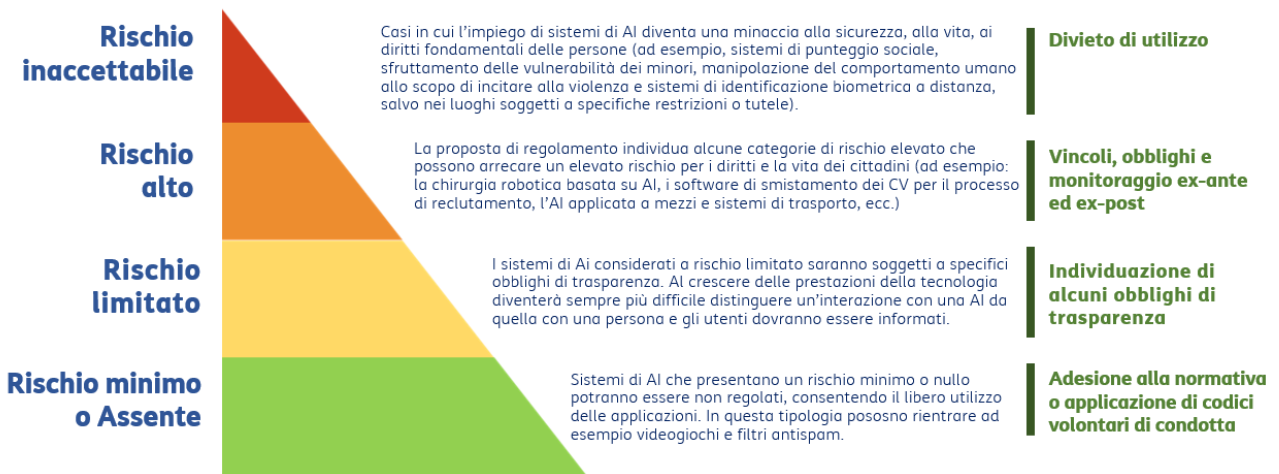
- 1. Massimizzare gli investimenti:** L'UE ha posto l'obiettivo di raggiungere un investimento totale di 20 miliardi di euro entro il 2030 per lo sviluppo dell'Intelligenza Artificiale, ma con il ritmo attuale è probabile che questo livello venga raggiunto in anticipo. L'obiettivo è quello di irrobustire il sostegno finanziario per la ricerca e l'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale nel settore pubblico e privato, anche attraverso la predisposizione

di un apposito Fondo e l'istituzione di nuovo partenariato pubblico-privato per la ricerca e l'innovazione nel campo dell'Intelligenza Artificiale allo scopo di promuovere la collaborazione tra il mondo accademico e l'industria.

- 2. Creare spazi europei di dati:** L'UE ha l'obiettivo di creare spazi europei di dati, affinché la condivisione dei dati a livello transfrontaliero sia agevole e contemporaneamente conforme al GDPR, nella consapevolezza che le tecnologie che sfruttano l'Intelligenza Artificiale necessitano di set di dati di grandi dimensioni, sicuri e solidi.
- 3. Promuovere il talento, le competenze e l'apprendimento permanente:** L'UE intende sviluppare competenze digitali adeguate per far fronte alle sfide poste dall'Intelligenza Artificiale. In particolare, si intende sostenere economicamente corsi universitari avanzati in Intelligenza Artificiale ed estendere lo studio di tale materia a nuove discipline rispetto a quelle in cui esso è più consolidato.
- 4. Sviluppare soluzioni di AI etiche e affidabili:** L'UE si impegna a garantire la sicurezza e l'etica nell'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale. A tal fine, è stato istituito un Gruppo di esperti di alto livello, rappresentativo del mondo accademico, delle imprese e della società civile, con il compito di definire gli orientamenti etici e le politiche di investimento europee in materia di Intelligenza Artificiale.

Inoltre, nel maggio 2021, la Commissione europea ha proposto nuove regole e azioni volte a trasformare l'Europa nel polo mondiale per un'Intelligenza Artificiale affidabile. Il nuovo regolamento sull'AI garantirà che i cittadini europei possano fidarsi di ciò che l'AI ha da offrire, grazie a regole proporzionate e flessibili che affronteranno i rischi specifici posti dai sistemi di AI e fisseranno i più elevati standard a livello mondiale.

Inoltre, nel maggio 2021, la Commissione europea ha proposto nuove regole e azioni volte a trasformare l'Europa nel polo mondiale per un'Intelligenza Artificiale affidabile. Il nuovo regolamento sull'AI garantirà che i cittadini europei possano fidarsi di ciò che l'AI ha da offrire, grazie a regole proporzionate e flessibili che affronteranno i rischi specifici posti dai sistemi di AI e fisseranno i più elevati standard a livello mondiale.



Le nuove regole saranno applicate direttamente e nello stesso modo in tutti gli Stati membri, sulla base di una definizione di AI adeguata alle esigenze future, e seguiranno un approccio basato sul rischio. In particolare, si fa riferimento a 4 tipologie di rischio: il rischio inaccettabile, il rischio alto, il rischio limitato ed il rischio minimo.

Il Gruppo di esperti ha pubblicato il Report *“Liability for Artificial Intelligence and other emerging digital technologies”* nel novembre 2019. Gli esperti hanno concluso che i regimi di responsabilità in vigore negli Stati membri garantiscono solo una protezione di base delle vittime il cui danno è causato dal funzionamento di tali nuove tecnologie. Tuttavia, le caratteristiche specifiche di tali sistemi, come la complessità, la modifica tramite aggiornamenti o l'autoapprendimento durante il funzionamento, la prevedibilità limitata e la vulnerabilità alle minacce alla sicurezza informatica, possono rendere l'attribuzione della responsabilità iniqua o inefficiente, oltre a ostacolare la possibilità per le vittime di ottenere un congruo risarcimento.

In risposta a queste considerazioni, l'8 aprile 2019 il Gruppo di esperti ha presentato il documento *“Ethics guidelines for trustworthy AI”* (Orientamenti etici per un'AI affidabile). Questo documento presenta le Linee guida da perseguire per lo sviluppo e l'utilizzo di sistemi di Intelligenza Artificiale antropocentrici e rispettosi dei diritti fondamentali, strutturati in maniera tale da massimizzarne i benefici a servizio dell'umanità e del bene comune e da minimizzarne, al tempo stesso, i rischi<sup>1</sup>.

Secondo le Linee guida per un'Intelligenza Artificiale affidabile, per garantire un'AI affidabile dovrebbero essere presenti tre componenti durante l'intero ciclo di vita del sistema: legalità, eticità e robustezza. In particolare, i sistemi di Intelligenza Artificiale dovrebbero soddisfare sette requisiti:

1. **Intervento e sorveglianza umani:** l'AI dovrebbe essere progettata in modo tale da consentire l'intervento e la sorveglianza umani in modo da garantire che il sistema funzioni correttamente e non causi danni<sup>1</sup>.

2. **Robustezza tecnica e sicurezza:** l'AI dovrebbe essere progettata in modo tale da garantire la robustezza tecnica e la sicurezza del sistema, in modo da prevenire eventuali malfunzionamenti o attacchi informatici<sup>1</sup>.
3. **Riservatezza e governance dei dati:** l'AI dovrebbe essere progettata in modo tale da garantire la riservatezza e la governance dei dati, in modo da proteggere la privacy degli utenti<sup>1</sup>.
4. **Trasparenza:** l'AI dovrebbe essere progettata in modo tale da garantire la trasparenza del sistema, in modo che gli utenti possano comprendere come funziona l'algoritmo e come vengono utilizzati i loro dati<sup>1</sup>.
5. **Diversità, non discriminazione ed equità:** l'AI dovrebbe essere progettata in modo tale da garantire la diversità, la non discriminazione ed equità, in modo che il sistema non sia influenzato da pregiudizi o discriminazioni<sup>1</sup>.
6. **Benessere sociale e ambientale:** l'AI dovrebbe essere progettata in modo tale da garantire il benessere sociale e ambientale, in modo che il sistema non abbia un impatto negativo sulla società o sull'ambiente<sup>1</sup>.
7. **Accountability:** l'AI dovrebbe essere progettata in modo tale da garantire l'accountability del sistema, in modo che gli utenti possano richiedere spiegazioni sulle decisioni prese dall'algoritmo.

Questi requisiti sono fondamentali per garantire un utilizzo responsabile dell'Intelligenza Artificiale.

Il Libro Bianco dell'Unione europea sull'Intelligenza Artificiale è stato presentato, nel febbraio 2020, contestualmente alle Comunicazioni della Commissione, “Una strategia europea per i dati” e “Plasmare il futuro digitale dell'Europa”. Questo documento mira a consolidare i principi elaborati in precedenza e segna un punto di svolta nella strategia dell'Unione europea sull'Intelligenza Artificiale. Il Libro Bianco definisce le opzioni strategiche per perseguire in concreto i principi e gli obiettivi elaborati in precedenza per un'Intelligenza Artificiale antropocentrica e sicura. A tal fine, la Commissione europea dichiara di sostenere un approccio normativo e orientato agli investimenti, con il duplice obiettivo di promuovere l'adozione dell'Intelligenza Artificiale e di affrontare i rischi associati a determinati utilizzi di questa nuova tecnologia. La Commissione si impegna a favorire i progressi scientifici, a preservare la leadership tecnologica dell'Unione europea e a garantire che le nuove tecnologie siano al servizio di tutti gli europei e ne migliorino la vita rispettandone i diritti.

Il Libro Bianco dell'Unione europea sull'Intelligenza Artificiale presentato contestualmente alle Comunicazioni della Commissione “Una strategia europea per i dati” e “Plasmare il futuro digitale dell'Europa”, definisce le opzioni strategiche per perseguire in concreto i principi e gli obiettivi elaborati in precedenza per un'Intelligenza Artificiale antropocentrica e sicura. Per raggiungere tali obiettivi, il Libro Bianco evidenzia la necessità di intensificare le azioni su più livelli:

1

### *Collaborazione con gli Stati membri*

L'UE collaborerà con gli Stati membri per massimizzare l'impatto degli investimenti in ricerca, innovazione e diffusione dell'AI, valutare le strategie nazionali in materia di AI e sviluppare ed estendere il Piano coordinato sull'AI in collaborazione con gli Stati membri.

2

### *Concentrare gli sforzi della comunità della ricerca e dell'innovazione:*

La Commissione intende agevolare la creazione di centri di eccellenza che possano combinare gli investimenti europei, nazionali e privati. A tal riguardo, emerge la necessità di creare una rete tra i diversi centri di ricerca europei sull'intelligenza artificiale e allineare i loro sforzi per migliorarne l'eccellenza, trattenere e attrarre i migliori ricercatori e sviluppare le migliori tecnologie.

3

### *Competenze:*

L'UE intende valorizzare l'ambito delle competenze per perseguire un miglioramento del livello delle competenze della forza lavoro impegnata nell'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale, soprattutto istituendo e sostenendo reti che colleghino le Università e gli istituti di istruzione superiore principali, nel tentativo di attrarre i migliori esperti in materia e di offrire corsi di laurea magistrale di eccellenza a livello mondiale nel campo dell'Intelligenza Artificiale.

4

### *Maggiore attenzione alle PMI:*

L'UE consentirà alle PMI di accedere più agevolmente ai finanziamenti al fine di adattare i loro processi all'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale. A tal fine, la Commissione e il Fondo europeo per gli investimenti avvieranno un progetto pilota con un investimento dedicato e con l'intenzione di far crescere questo progetto a partire dal 2021 mediante InvestEU.

5

### *Partenariato con il settore privato:*

L'UE assicura al settore privato un pieno coinvolgimento nella definizione dell'agenda per la ricerca e l'innovazione. Al settore privato viene richiesto anche un coinvolgimento nell'ambito degli investimenti con l'istituzione di un ampio partenariato pubblico-privato.

6

### *Promuovere l'adozione dell'AI nel settore pubblico:*

L'UE ritiene essenziale che le amministrazioni pubbliche, gli ospedali, i servizi di pubblica utilità e di trasporto, le autorità di vigilanza finanziaria e altri settori di interesse pubblico inizino rapidamente a utilizzare nelle loro attività prodotti e servizi che si basano sull'AI.

7

### *Garantire l'accesso ai dati e alle infrastrutture di calcolo:*

L'UE considera il ruolo centrale che i dati rivestono nello sviluppo e nell'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale e delle altre applicazioni digitali. Per questo si chiarisce che le aree di intervento del Libro Bianco sono complementari a quelle del Piano presentato in parallelo nella strategia europea per i dati.

8

### *Aspetti internazionali:*

L'UE riconosce che solo continuando ad operare nel contesto internazionale e valorizzando le sinergie già nate con organizzazioni e Paesi al di fuori del contesto europeo possa perseguirsi un utilizzo dell'Intelligenza Artificiale che, a livello globale, sia rispettoso dei diritti fondamentali, della dignità umana, del pluralismo, dell'inclusione e della non discriminazione.

Queste azioni sono fondamentali per garantire un utilizzo responsabile dell'Intelligenza Artificiale.

L'Agenzia per i Diritti Fondamentali (FRA) dell'Unione europea ha espresso diverse perplessità sull'approccio all'Intelligenza Artificiale dei governi europei, troppo incentrato sull'economia e sugli effetti in termini di capacità industriale e meno sull'impatto sulla vita degli uomini e dei cittadini. Un approccio frammentato o superficiale può provocare non solo minacce per la privacy, ma anche discriminazioni di vario tipo (di natura sessuale, razziale, ideologica, ecc.), nonché possibili lesioni alla trasparenza e alla comprensibilità delle decisioni pubbliche e per la buona amministrazione. Sulla base di tale consapevolezza, l'Unione europea ha manifestato l'intenzione di introdurre un quadro normativo armonizzato in materia, che garantisca certezza giuridica nel campo dell'Intelligenza Artificiale e stabilisca, al contempo, un complesso di norme che salvaguardi i diritti fondamentali e la sicurezza dei cittadini europei. Per tale ragione, il 21 aprile 2021, è stata presentata una "Proposta di Regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio che stabilisce regole armonizzate sull'Intelligenza Artificiale (Legge sull'Intelligenza Artificiale) e modifica alcuni

atti legislativi dell'Unione" ("Regolamento AI") che propone il primo quadro giuridico europeo sull'Intelligenza Artificiale.



## Proposte per rafforzare un utilizzo responsabile dell'intelligenza artificiale nella PA

### 1) Privacy Preserving

Il concetto di privacy è stato introdotto per la prima volta in alcuni trattati filosofici dell'Antica Grecia, dove si faceva riferimento alla "riservatezza". Aristotele, nella sua *Politica*, distingue tra Polis, la sfera pubblica dell'individuo, ed Oikos, la sfera privata. Nel corso del tempo, il significato di privacy è evoluto in funzione delle differenti culture. Negli ultimi anni, la normativa sulla privacy si è estesa passando dal concetto di "vita privata" al diritto al controllo sui propri dati personali, in risposta all'evoluzione tecnologica e alle possibilità di elaborare ed estrarre informazioni dai dati resa sempre più "semplice" anche dalla digitalizzazione "ab origine" degli stessi.

Il Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR), nell'Art. 4, definisce il dato personale come "qualsiasi informazione riguardante una persona fisica identificata o identificabile («interessato»); si considera identificabile la persona fisica che può essere identificata, direttamente o indirettamente, con particolare riferimento a un identificativo come il nome, un numero di identificazione, dati relativi all'ubicazione, un identificativo online o a uno o più elementi caratteristici della sua identità fisica, fisiologica, genetica, psichica, economica, culturale o sociale".



La privacy è un tema cruciale nella gestione dei dati. In letteratura scientifica, esistono diverse modalità di gestione e protezione del dato. Questi metodi trovano soluzioni alla domanda: “se rivelassi questa informazione, quali altre informazioni di fatto renderei pubbliche?”. Questa domanda si può tradurre nel concetto che si garantisce la privacy di un’istanza se, in seguito ad un’analisi, un analista non sia in grado di conoscere nient’altro su quella istanza.

Tuttavia, questo concetto diventa particolarmente complesso ed importante quando si usano tecniche di AI. Mediante il Machine Learning, la macchina apprende dai dati e quindi può ricavare altre nuove informazioni sull’istanza. Diventa cruciale garantire che non si impari nulla di sensibile sulle singole istanze dalle osservazioni del dataset anche incrociandolo con altri dataset (dati esterni diversi da quelli in analisi), soprattutto se queste possono danneggiare in qualche modo l’individuo.

Per tutelare la privacy delle istanze, esistono diverse tecniche di protezione dei dati. Ad esempio, la tecnica della **encryption** nasconde i dati sensibili utilizzando una cifratura protetta da una chiave di crittografia. La tecnica dello **shuffling** mescola i dati all’interno di una colonna per disassociarli dalle altre proprietà. La tecnica della **soppressione** annulla o rimuove dal dataset le colonne sensibili.

Inoltre, è importante utilizzare buone pratiche per la raccolta e la gestione dei dati. Solo i tipi di dati necessari per creare l’AI dovrebbero essere raccolti e i dati dovrebbero essere mantenuti al sicuro e solo per il tempo necessario per raggiungere lo scopo. Gli sviluppatori dovrebbero costruire l’AI utilizzando set di dati accurati, equi e rappresentativi. Inoltre, gli utenti dovrebbero avere il controllo sui propri dati. Infine, è importante ridurre al minimo il bias algoritmico.

In sintesi, la protezione della privacy è un tema cruciale nella gestione dei dati. Esistono diverse tecniche per proteggere i dati sensibili e garantire che le istanze rimangano private. Tuttavia, con l’avvento delle tecniche AI e dei big data, diventa sempre più complesso tutelare la privacy e/o limitare i danni derivanti dalla possibilità di risalire ai dati per usi fraudolenti (cyber-attacchi).

Le tecniche di **Privacy Preserving** consentono di estrarre informazioni garantendo la privacy delle persone coinvolte. Esistono soluzioni che supportano gli analisti nel gestire nella maniera più oggettiva possibile la perdita di informazioni private e garantire anche in maniera formale quanta e quali informazioni private possono confluire nella analisi. Di seguito una carrellata delle principali tecniche di frontiera che dimostrano come il mondo della Data Science e della crittografia devono collaborare per offrire soluzioni di privacy-by design e che il tema è di particolare interesse scientifico ed in veloce evoluzione.

Le forme tradizionali di crittografia possono proteggere la confidenzialità e l’integrità, quando il dato è “at rest” cioè memorizzato nelle basi dati, “in transit” quando i dati si spostano ad esempio da un elaboratore ad un altro, ma quando sono “in use” devono essere decifrati per poterli elaborare. Il **Confidential Computing** è una soluzione hardware (un chip opportuno) per fare le elaborazioni in

modalità confidenziale. Essendo una soluzione hardware è molto performante, ma meno flessibile delle soluzioni applicative.

La **Differential Privacy** è un framework matematico per quantificare la perdita d'informazioni private (sensitive data leakage). Si basa su tecnologie che consentono di anonimizzare il dato già in fase di acquisizione, grazie all'uso di un algoritmo che quindi rende inapplicabile le tecniche di “reverse engineering”, le quali permettono, partendo da un dato anonimo, di risalire al dato completo e quindi, ad esempio, all'identità di una persona. Il grande vantaggio è che permette di ricevere il dato già anonimizzato, quindi compliant al GDPR.

L'**anonimizzazione** dei dati però da sola non è sufficiente per garantire davvero la privacy dei soggetti di un dataset. In un mondo esposto e digitalizzato come il nostro potrebbe essere possibile identificare informazioni atomizzate analizzando altre fonti dati pubbliche (social network) per incrociare i dati e ottenere le informazioni. Per questo motivo, si può inserire del “rumore bianco” ai dati, “elementi di disturbo” al dato originale che rendono più difficile il “reverse engineering”. Tuttavia, questo potrebbe alterare l'attendibilità dell'indagine statistica che si sta analizzando, quindi si può applicare solo quando si hanno grandi moli di dati, altrimenti si rischia di alterare “troppo” i dati e che le analisi risultino falsate.

La **Crittografia Omomorfica** è una tecnica di crittografia che consente di elaborare dati cifrati senza decifrarli, proteggendo così la privacy dei dati durante le operazioni computazionali. A differenza delle tecniche tradizionali di crittografia, l'omomorfismo consente l'esecuzione di funzioni matematiche arbitrarie su dati cifrati, assicurando la validità del risultato ottenuto senza mai la necessità di decifrarli. Questo rende l'Homomorphic Encryption (HE) particolarmente utile per l'elaborazione di informazioni sensibili in ambienti infrastrutturali poco sicuri o inaffidabili, come il cloud pubblico. Tuttavia, la decifrazione del dato crittografato può essere un'insita vulnerabilità che viene gestita in molti modi efficaci ed efficienti, ma che richiede comunque un insieme di azioni a copertura di questa vulnerabilità. L'omomorfismo si basa sull'applicazione tra due strutture algebriche dello stesso tipo che conserva le operazioni in esse definite.

La **Secure Multiparty Computation** (SMPC), o computazione multi-parte sicura, è un protocollo crittografico utilizzato per eseguire calcoli distribuiti su più elaboratori, anche se distanti tra loro. Questo protocollo coinvolge diverse parti che collaborano senza però avere accesso o la capacità di decifrare i dati degli altri partecipanti. La SMPC risulta particolarmente utile quando è necessario elaborare dati di entità distinte che desiderano collaborare senza rivelare in chiaro i propri dati reciprocamente. In assenza di questa tecnica, le entità coinvolte dovrebbero affidarsi a una terza parte considerata affidabile (“trust”) a cui inviare i dati necessari per l'elaborazione, criptati ma che dovranno essere decifrati per permettere l'elaborazione congiunta. La SMPC offre diversi vantaggi: non richiede l'intervento di una terza parte fidata, non richiede la modifica o l'anonimizzazione dei dati e, pertanto, risulta conforme al Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR), anche

nelle interazioni tra aziende europee, americane e asiatiche, poiché i dati non lasciano mai i Paesi in cui sono memorizzati.

Il **Federated Learning** rappresenta una metodologia di machine learning che permette l'addestramento di un algoritmo su dispositivi decentralizzati che detengono i dati, evitando la necessità di condividere direttamente i dati stessi. Mediante questa strategia, si offre una soluzione alternativa rispetto alle tecniche tradizionali di machine learning centralizzato, in cui i dati vengono caricati su un server, oppure ai metodi decentralizzati più convenzionali che presuppongono una distribuzione identica dei dati locali.

Stanno emergendo rapidamente i Dati Sintetici (maggiori informazioni nell'approfondimento) come uno strumento promettente nel campo della data science, consentendo l'elaborazione dei dati senza la necessità di condividerli. Sono generati dati sintetici che mantengono le stesse proprietà statistiche dei dati originali, al fine di identificare i modelli presenti nei dati esistenti. Queste tecniche sono utili anche quando si affrontano casi "limite" o si desidera testare il comportamento di un determinato algoritmo o modello tramite simulazioni. In tali situazioni, i dati sintetici possono essere generati appositamente con le caratteristiche desiderate.

---

### Approfondimento: I dati sintetici

*Al fine di favorire lo sviluppo di algoritmi complessi, è essenziale avere accesso a un vasto insieme di dati. Sempre più spesso, è necessario ottenere dati provenienti da diverse istituzioni, sia finanziarie che non finanziarie, e ciò richiede di superare le restrizioni imposte dalle normative sulla protezione dei contenuti.*

*L'utilizzo di dati sintetici per ottimizzare sistemi complessi, come quelli che impiegano tecniche di intelligenza artificiale, sta diventando sempre più importante. Ciò è dovuto sia alla possibilità di diffondere e condividere liberamente le informazioni (poiché nei progetti condivisi i dati in chiaro non possono essere utilizzati), sia alla capacità di testare gli strumenti con grandi quantità di dati per valutarne, ad esempio, la scalabilità.*

*L'utilizzo di dati sintetici consente di eliminare le restrizioni sulla condivisione di dati particolarmente*

*sensibili, ma introduce la sfida di valutarne l'adeguatezza rispetto al dataset originale e quindi la loro rappresentatività.*

*Attualmente, sul mercato esistono diverse soluzioni per generare dati sintetici, tuttavia la valutazione della qualità di tali soluzioni, in relazione all'uso che se ne intende fare, è ancora limitata alle informazioni fornite dai fornitori stessi.*

*Al fine di garantire una valutazione accurata e imparziale della qualità dei dati sintetici generati, la ricerca si sta*

*concentrando nello sviluppo di una soluzione di "validazione" adeguata alle esigenze aziendali.*

*Le attuali ricerche hanno come obiettivo lo sviluppo di soluzioni che consentano di convalidare i dati sintetici generati utilizzando una caratterizzazione che impieghi metriche di valutazione specifiche per ciascuna tipologia di dati (ad esempio, reti*

semantiche e grafi, serie temporali, dati relazionali denormalizzati, ecc.) e per scopi specifici.

Questi sistemi di validazione dei dataset sintetici dovranno essere indipendenti e tener conto di tre aspetti fondamentali:

1. *Fidelity* (grado di similarità tra i dati sintetici e i dati originali);
2. *Utility* (utilità dei dati sintetici generati);

3. *Privacy* (capacità dei dati sintetici di preservare la riservatezza delle informazioni sensibili derivate dai dati originali).

Nel settore bancario, l'utilizzo di dati sintetici potrebbe agevolare la condivisione di dataset generati sinteticamente con le stesse caratteristiche dei dati di partenza, convalidati da strumenti indipendenti e metodologie standardizzate. Ciò semplificherebbe la condivisione di dati tra istituti finanziari senza compromettere la privacy.

## 2) Explainability

L'explainability nell'ambito del machine learning si riferisce alla capacità di spiegare come un modello di machine learning arriva alle sue previsioni o decisioni. È importante perché consente di comprendere il funzionamento interno dei modelli e di fornire spiegazioni comprensibili agli utenti e agli stakeholder.



### Cos'è l'explainability nel machine learning?

L'explainability nel machine learning significa essere in grado di spiegare ciò che accade nel modello, dall'input all'output. Questo rende i modelli trasparenti e risolve il problema del "black box". L'explainable AI (XAI) è un termine più formale che si riferisce ai metodi che aiutano gli esperti umani a comprendere le soluzioni sviluppate dall'intelligenza artificiale.



### Perché è importante l'explainability nel machine learning?

L'explainability nel machine learning è importante per diversi motivi:

1. **Accountability:** Quando un modello prende una decisione errata o imprevista, è necessario conoscere i fattori che hanno causato tale decisione per evitare problemi simili in futuro. L'explainability consente alle squadre di data science di dare alle organizzazioni un maggiore controllo sugli strumenti di intelligenza artificiale.

2. **Trust:** In settori ad alto rischio come la sanità o la finanza, la fiducia è fondamentale. Prima che le soluzioni di machine learning possano essere utilizzate e considerate affidabili, tutti gli stakeholder devono comprendere appieno ciò che il modello fa. Se si afferma che il modello prende decisioni migliori e rileva pattern che gli esseri umani non vedono, è necessario essere in grado di supportare tali affermazioni con prove.
3. **Compliance:** L'explainability dei modelli è fondamentale per garantire la conformità alle politiche aziendali, agli standard del settore e alle normative governative. Ad esempio, il Regolamento generale sulla protezione dei dati (GDPR) dell'Unione Europea richiede che le aziende forniscano informazioni significative sulla logica coinvolta nelle decisioni automatizzate.
4. **Performance:** L'explainability può anche migliorare le prestazioni dei modelli. Se si comprende come e perché un modello funziona, è possibile ottimizzarlo in modo più mirato.
5. **Controllo avanzato:** Comprendere il processo decisionale dei modelli consente di individuare vulnerabilità e difetti sconosciuti. Con queste informazioni, è possibile esercitare un controllo più accurato e correggere rapidamente eventuali errori.

### Approcci all'explainability nel machine learning:

L'explainability può essere affrontata in due modi:

- **Globalmente:** Questo approccio fornisce una spiegazione generale del comportamento del modello, mostrando come le caratteristiche dei dati influenzano collettivamente il risultato.
- **Localmente:** Questo approccio fornisce spiegazioni specifiche per ogni istanza e caratteristica dei dati, mostrando come le caratteristiche influenzano individualmente il risultato.

### Tecniche per l'explainability nel machine learning:

Esistono diverse tecniche per l'explainability nel machine learning. Alcune di queste includono:

- **Partial Dependence Plots (PDP):** Questa tecnica fornisce una rappresentazione visuale globale di come una o due caratteristiche influenzano il risultato previsto del modello, mantenendo costanti le altre caratteristiche.

- **Individual Condition Expectations plots (ICE):** Questa tecnica fornisce una rappresentazione visuale locale dell'effetto di una caratteristica sul modello rispetto alla caratteristica target. A differenza dei PDP, gli ICE mostrano le previsioni separate per ogni campione.
- **Leave One Column Out (LOCO):** Questa tecnica semplifica l'interpretazione del modello rimuovendo una caratteristica alla volta e osservando come ciò influisce sul risultato.
- **Altre tecniche specifiche del modello:** Alcuni modelli di machine learning, come i modelli lineari e gli alberi decisionali, sono intrinsecamente più spiegabili mentre altri modelli più complessi, come le reti neurali, sono chiamati Black Box in quanto non conoscono i motivi per cui si ottiene un determinato risultato. L'explainability nell'ambito del machine learning, si riferisce alla capacità di spiegare come un modello di machine learning arrivi alle sue previsioni o decisioni. È importante perché consente di comprendere il funzionamento interno dei modelli e di fornire spiegazioni comprensibili agli utenti o agli stakeholder interessati. Ciò promuove la fiducia, l'accountability e la conformità alle normative.

### Alcuni concetti chiave e approcci all'explainability nel machine learning:

#### 1. Definizioni:

L'explainability in machine learning significa poter spiegare ciò che accade nel modello dal momento in cui viene fornito un input fino all'output. L'Explainable AI (XAI) è un termine più formale che si riferisce ai metodi che aiutano gli esperti umani a comprendere le soluzioni sviluppate dall'AI.

#### 2. Approcci all'explainability:

Un approccio di tipo globale, quando fornisce una visione generale del comportamento del modello e di come le caratteristiche dei dati influenzano collettivamente il risultato oppure un approccio di tipo locale quando fornisce informazioni su ogni istanza e caratteristica dei dati individualmente, mostrando come influenzano individualmente il risultato.

#### 3. Modelli spiegabili:

Alcuni modelli di machine learning, come i modelli lineari e gli alberi decisionali, sono intrinsecamente

spiegabili perché seguono regole semplici e lineari.

Tuttavia, per modelli complessi come le reti neurali o gli ensemble, sono necessarie tecniche e strumenti per renderli spiegabili.

#### 4. Approcci all'explainability:

Possiamo distinguere tra

- **Model-Agnostic:** Questi approcci possono essere utilizzati su qualsiasi modello di machine learning, indipendentemente dalla sua complessità. Ad esempio, LIME (Local Interpretable Model-Agnostic Explanations) spiega le previsioni dei classificatori attraverso l'algoritmo di machine learning.
- **Model-Specific:** Questi approcci sono specifici per un singolo tipo di modello o un gruppo di modelli. Dipendono dalla natura e dalle funzioni specifiche del modello. Ad esempio, gli interpreti degli alberi decisionali sono specifici per i modelli basati su alberi decisionali.

L'explainability è un campo di ricerca attivo e in continua evoluzione, con l'obiettivo di rendere i modelli di machine learning più trasparenti e comprensibili



# **APPENDICE**

TIM AI Challenge



## APPENDICE

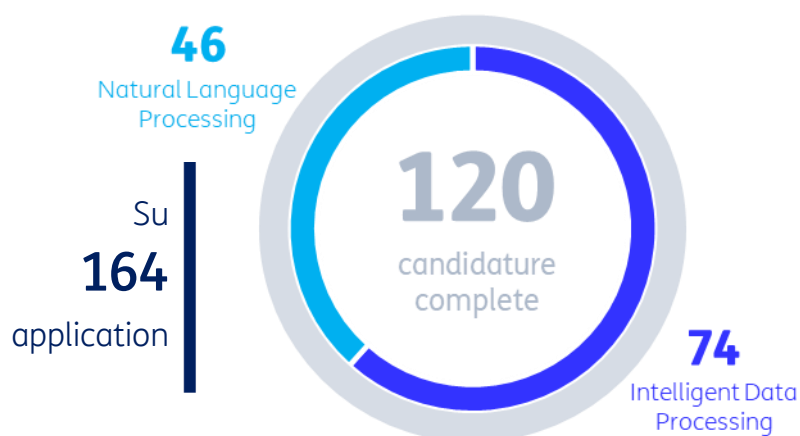
# TIM AI Challenge

TIM ha lanciato lo scorso settembre la TIM AI CHALLENGE una nuova iniziativa al fianco di EIT Digital, Intesa Sanpaolo Innovation Center, Osservatorio Startup Thinking del Politecnico di Milano e ImpreSapiens - Sapienza Università di Roma per selezionare le migliori soluzioni basate sull'Intelligenza Artificiale Roma

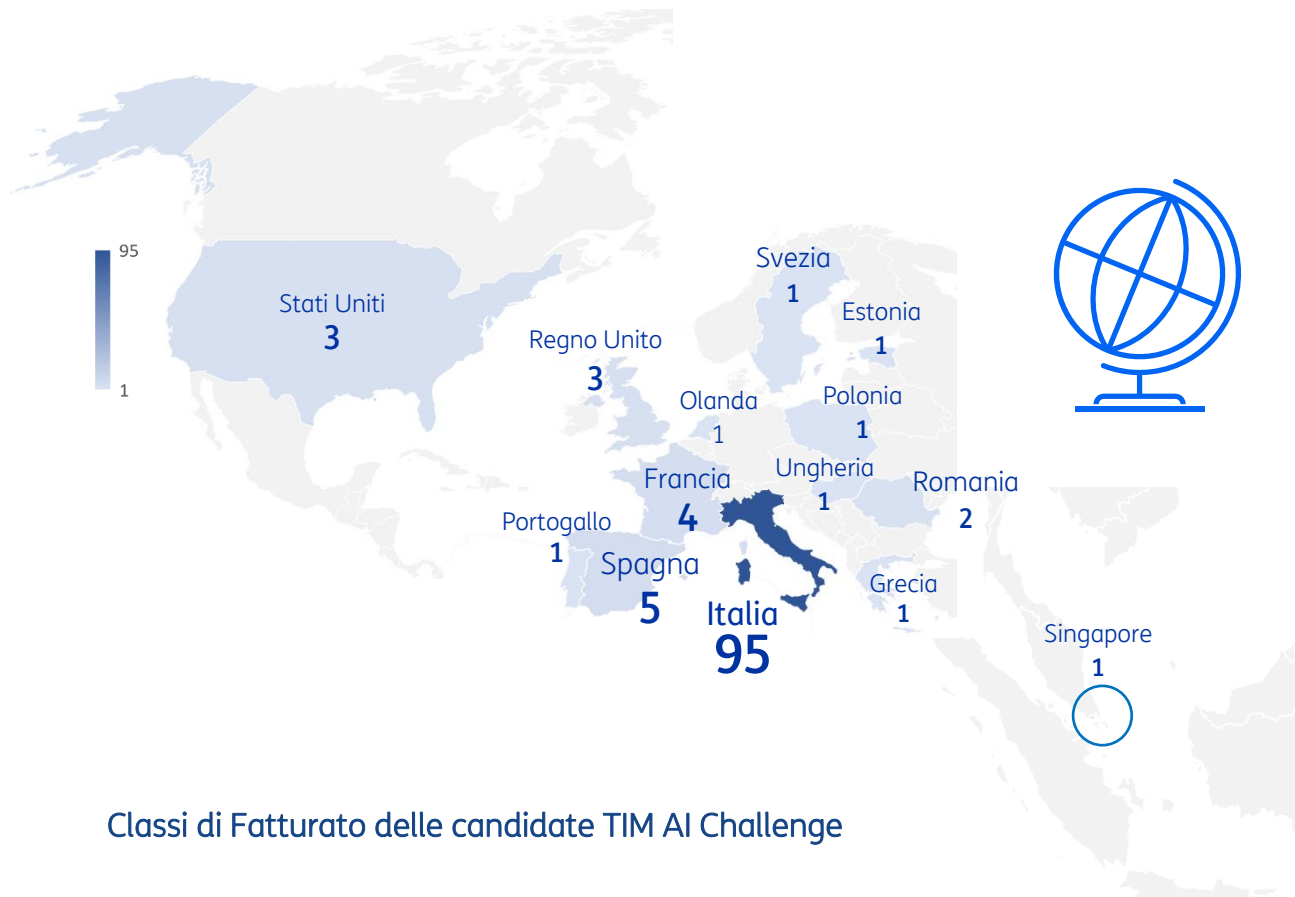
L'iniziativa che si rivolge a startup, scaleup e aziende nazionali e internazionali aveva l'obiettivo di arricchire l'offerta di soluzioni di AI con nuovi servizi in grado di accrescere l'efficienza di processi e sistemi e ottimizzare l'interazione con il cliente, accelerando la trasformazione digitale del tessuto produttivo italiano.

Gli ambiti individuati sono 'Intelligent Data Processing', che comprende applicazioni per l'analisi e l'estrazione di informazioni dai dati, utilizzabili, per esempio, per la realizzazione di previsioni, e 'Natural Language Processing', con soluzioni in grado di elaborare e interpretare il linguaggio fino alla produzione di testo in modo autonomo.

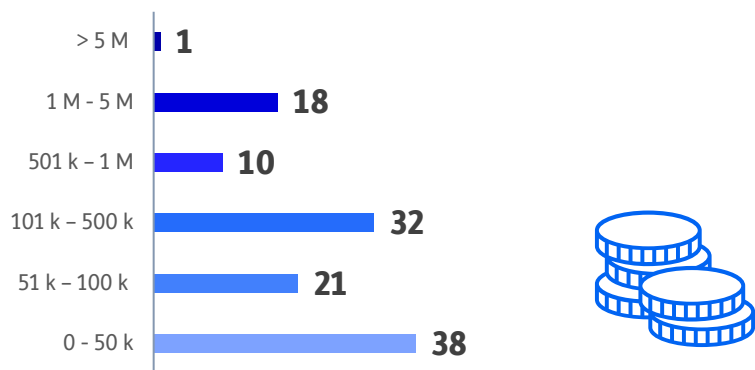
### Le società partecipanti



### I paesi di provenienza delle candidate TIM AI Challenge



### Classi di Fatturato delle candidate TIM AI Challenge



## Limiti di responsabilità

I dati e le informazioni cui si fa riferimento nel presente documento sono forniti in buona fede e TIM le ritiene accurate. In nessun caso TIM sarà ritenuta responsabile per qualsiasi danno diretto o indiretto, causato dall'utilizzo di queste informazioni. I dati, le ricerche, le opinioni o i punti di vista espressi da TIM S.p.A non rappresentano dati di fatto. I materiali contenuti in questo documento riflettono le informazioni e le opinioni a novembre 2023. Le informazioni e le opinioni espresse in questo documento sono soggette a modifiche senza preavviso. TIM non ha alcun obbligo o responsabilità di aggiornare i materiali di questa pubblicazione di conseguenza. TIM non sarà, in nessuna circostanza, responsabile per qualsiasi investimento, decisione commerciale o di altro tipo basata o presa in base ai contenuti di questo documento.

Si ringraziano Markets&Markets e OMDIA per i dati forniti.