



BANCA D'ITALIA
EUROSISTEMA

Questioni di Economia e Finanza

(Occasional Papers)

L'adozione dell'intelligenza artificiale:
effetti su produttività e politiche a sostegno

di Luigi Bellomarini, Fabio Bertolotti, Luca Citino, Maria Giulia Cassinis,
Francesco D'Amuri, Silvia Del Prete, Sara Formai, Litterio Mirenda,
Massimiliano Rigon e Anna Russo Russo

Giugno 2026

Numero

1009



BANCA D'ITALIA
EUROSISTEMA

Questioni di Economia e Finanza

(Occasional Papers)

L'adozione dell'intelligenza artificiale:
effetti su produttività e politiche a sostegno

di Luigi Bellomarini, Fabio Bertolotti, Luca Citino, Maria Giulia Cassinis,
Francesco D'Amuri, Silvia Del Prete, Sara Formai, Litterio Mirenda,
Massimiliano Rigon e Anna Russo Russo

Numero 1009 – Giugno 2026

La serie Questioni di economia e finanza ha la finalità di presentare studi e documentazione su aspetti rilevanti per i compiti istituzionali della Banca d'Italia e dell'Eurosistema. Le Questioni di economia e finanza si affiancano ai Temi di discussione volti a fornire contributi originali per la ricerca economica.

La serie comprende lavori realizzati all'interno della Banca, talvolta in collaborazione con l'Eurosistema o con altre Istituzioni. I lavori pubblicati riflettono esclusivamente le opinioni degli autori, senza impegnare la responsabilità delle Istituzioni di appartenenza.

La serie è disponibile online sul sito www.bancaditalia.it.

L'ADOZIONE DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE: EFFETTI SU PRODUTTIVITÀ E POLITICHE A SOSTEGNO

di Luigi Bellomarini*, Fabio Bertolotti*, Luca Citino*, Maria Giulia Cassinis*,
Francesco D'Amuri*, Silvia Del Prete*, Sara Formai*, Litterio Mirenda*,
Massimiliano Rigon* e Anna Russo Russo*

Sommario

In Italia la quota di imprese che adottano tecnologie di intelligenza artificiale è in crescita, ma rimane significativamente inferiore alla media europea. Le stime di lungo periodo suggeriscono che una diffusione ampia della tecnologia potrebbe aumentare la produttività di 0,2–1,1 punti percentuali annui nel prossimo decennio, a seconda della velocità e profondità di adozione. Nel breve periodo, tuttavia, non emergono ancora effetti significativi sulla produttività a livello di impresa, nonostante guadagni documentati a livello di singola mansione: un esito coerente con la letteratura, in cui i benefici aggregati si materializzano solo dopo rilevanti aggiustamenti organizzativi. Il lavoro identifica infine le principali barriere all'adozione e discute le condizioni che giustificano un intervento pubblico a supporto. Anche basandosi sull'analisi delle politiche adottate nei paesi più avanzati in questo ambito, si sottolinea la necessità di adottare una strategia coerente che - più che fare leva su sussidi poco selettivi – accompagni le imprese nell'adozione, favorisca l'offerta di applicazioni sostenendo lo sviluppo di fornitori specializzati e investa nei fattori abilitanti: certezza normativa, condivisione dei dati, facilità di accesso ai centri di calcolo.

Classificazione JEL: O33, O47, D24, O38.

Parole chiave: intelligenza artificiale, adozione tecnologica, produttività, performance d'impresa, politica industriale.

DOI: 10.32057/0.QEF.2026.1009

* Banca d'Italia.

1. Introduzione e sintesi¹

Secondo i risultati dell'indagine Invind condotta dalla Banca d'Italia sulle imprese con almeno 20 addetti, la quota di imprese che utilizzano strumenti di IA, dopo essere raddoppiata nel 2025 al 27 per cento, è salita ulteriormente, attestandosi al 32 per cento all'inizio del 2026; l'utilizzo intensivo della tecnologia è più contenuto (5 per cento). Attualmente l'IA è impiegata prevalentemente per ottimizzare fasi di processo esistenti, più che per sviluppare nuovi prodotti o servizi.

Nel medio termine, gli effetti sulla produttività dell'IA potrebbero essere significativi: esercizi di simulazione su modelli macroeconomici calibrati indicano per l'Italia incrementi che variano tra 0,2 e 1,1 punti percentuali all'anno su un orizzonte decennale, in funzione delle ipotesi sulla rapidità e profondità di adozione. Le stime di breve periodo non consentono al momento di identificare effetti sistematici sulla produttività delle imprese italiane che hanno adottato tecnologie di IA. Questo risultato è coerente con il fatto che, nella fase iniziale di adozione di nuove tecnologie, i costi di integrazione e riorganizzazione possono emergere prima dei benefici. Non si può escludere che l'assenza di effetti rifletta semplicemente la brevità dell'orizzonte temporale disponibile. L'esperienza ICT insegna che incrementi di produttività significativi richiedono un'adozione profonda della tecnologia e il ridisegno dei processi produttivi e delle pratiche organizzative.

Il lavoro identifica le principali barriere all'adozione e le condizioni che possono giustificare un intervento pubblico. Imprese meno strutturate possono avere difficoltà nel valutare i guadagni, individuare gli usi più adatti e dotarsi di capitali e competenze. Inoltre, parte dei benefici può estendersi oltre la singola impresa: lungo le filiere, attraverso la diffusione di conoscenze e competenze, o attraverso effetti di rete, in cui i vantaggi dipendono dai tassi di adozione aggregati. In presenza di esternalità e complementarità, le imprese considerano solo parte dei benefici complessivi, con il rischio di un livello di adozione inferiore a quello desiderabile. L'intervento pubblico può quindi essere giustificato se rimuove ostacoli informativi e organizzativi, sviluppa competenze e riduce il divario tra rendimento privato e sociale della tecnologia. Questi meccanismi possono riguardare anche altri investimenti, ma nel caso dell'IA sono particolarmente rilevanti: la tecnologia è nuova e molte imprese ne conoscono ancora poco potenzialità e casi d'uso. Inoltre, una domanda frammentata, composta da piccole imprese e adozioni sperimentali, può non bastare a rendere conveniente per i fornitori potenziare l'offerta di soluzioni IA. La mancanza di tali soluzioni riduce l'utilità dell'adozione, comprimendo ulteriormente la domanda. Le politiche pubbliche possono fornire la spinta iniziale necessaria per spezzare questi circoli viziosi, favorendo una diffusione più ampia.

L'efficacia delle misure di sostegno dipende dalla loro coerenza sistemica. Le indagini mostrano come la carenza di competenze sia il singolo fattore più significativo, ma i vincoli indicati dalle imprese sono molteplici. In particolare, emerge una preparazione tecnologica e organizzativa complessivamente insufficiente, una scarsa integrazione dei dati e l'incertezza normativa.

Anche l'analisi delle politiche adottate nei paesi più avanzati suggerisce la necessità di una strategia coerente che – più che fare leva su sussidi poco selettivi – accompagni le imprese nell'adozione attraverso strutture dedicate, favorisca l'offerta di applicazioni sostenendo lo sviluppo di fornitori specializzati, investa nei fattori abilitanti: certezza normativa, condivisione dei dati e facilità di accesso ai centri di calcolo.

¹ Si ringrazia Giacomo Caserta per l'eccellente attività di supporto e Federico Cingano, Paolo Libri, Francesco Lozupone, Fabiano Schivardi, Roberto Torrini, Giuseppe Zingrillo per i preziosi commenti su versioni precedenti del testo.

2. I tassi di adozione

Secondo i risultati dell'indagine Invind condotta dalla Banca d'Italia sulle imprese con almeno 20 addetti, la quota di imprese che utilizzano strumenti di IA, dopo essere raddoppiata nel 2025 al 27 per cento, è salita ulteriormente, portandosi al 32 per cento all'inizio del 2026². L'adozione si conferma più diffusa tra le imprese di maggiore dimensione e nei servizi. I dati permettono di distinguere tra intensità di adozione, funzioni aziendali interessate e tipologie di strumenti impiegati. La quota di imprese che dichiara un'integrazione intensiva dell'IA nei processi aziendali rimane contenuta (5 per cento)³.

Le attività in cui risulta più frequentemente impiegata l'IA sono quelle commerciali, seguite dalla produzione di beni e servizi e dalla gestione degli adempimenti amministrativi. Tra le aziende che utilizzano applicazioni di IA generativa (30 per cento circa), una quota preponderante dichiara di farne uso per la generazione di testi e poco oltre la metà ricorre anche ad altre applicazioni, come chatbot per l'interazione con clienti o dipendenti, agenti di IA o strumenti per la generazione di codici informatici.

Inoltre, secondo dati comparabili, relativi al 2025 e alle imprese con 10 e più addetti, il tasso di adozione in Italia è inferiore di quattro punti rispetto alla media UE, e di quasi dieci punti rispetto alla Germania⁴.

3. Evidenze sugli effetti dell'adozione dell'IA: breve periodo

L'evidenza micro-econometrica, di natura causale ma circoscritta a singole mansioni (*task*), come il coding o la scrittura professionale, suggerisce che gli effetti dell'IA generativa sono concreti ed economicamente rilevanti⁵. Tuttavia, l'attività di un'impresa deriva dalla combinazione di molteplici mansioni, i cui aumenti di efficienza possono avere, singolarmente, impatto limitato sull'aggregato⁶.

Nel caso (limite) di complementarità perfetta tra i diversi task (es. tecnologia *a la* Leontief), se anche l'IA aumentasse fortemente la produttività in uno di essi, il guadagno aggregato sarebbe nullo. Anche in casi di tecnologie meno estreme, l'impatto aggregato può essere limitato se le mansioni che beneficiano di un pur elevato aumento di efficienza contribuiscono in misura limitata al valore aggiunto complessivo.

² Cfr. il riquadro "Intelligenza artificiale: adozione ed effetti sulle imprese", Relazione Annuale sul 2025, Banca d'Italia.

³ La stessa rilevazione, condotta nel 2025 e somministrata anche a imprese tedesche e spagnole, mostrava come la quota di uso intensivo della GenAI fosse simile tra i tre paesi (inferiore al 4 per cento) e che le differenze nei tassi di adozione, maggiori in Germania e Spagna, fossero riconducibili agli utilizzi di tipo sperimentale o limitato.

⁴ Cfr. Eurostat (2026).

⁵ Per attività di scrittura e produzione di contenuti testuali, Noy e Zhang (2023) mostrano una riduzione del tempo medio di completamento nell'ordine del 40 per cento, accompagnata da un incremento della qualità dell'output di circa il 18 per cento. Per mansioni di customer service, uno studio all'interno di un'impresa software statunitense documenta un aumento della produttività di circa il 14 per cento in media; le stime dinamiche indicano un aumento immediato nel primo mese, un ulteriore lieve incremento nel secondo e una successiva stabilizzazione dell'effetto (Brynjolfsson et al., 2025). Per compiti di programmazione, un esperimento rileva incrementi di produttività molto elevati, misurati dal numero di linee di codice prodotte, con aumenti nell'ordine del 55 per cento (Gambacorta et al., 2024). Anche in attività professionali complesse, come quelle consulenziali, l'accesso a strumenti di IA può ridurre i tempi di esecuzione e aumentare l'output: in uno studio condotto con consulenti, gli utilizzatori completano in media più compiti e con maggiore rapidità, con tempi inferiori di circa il 25 per cento. In alcuni contesti, i benefici si manifestano anche sul lato della domanda, attraverso un aumento delle vendite e della capacità di attrarre utenti (Fang et al., 2025).

⁶ Cfr. Gans e Goldfarb (2026), Jones (2026), Kremer (1993).

Finora, l'evidenza empirica riguardo agli effetti dell'adozione di IA sulla produttività a livello d'impresa non è giunta a conclusioni nette⁷. Secondo uno studio recente basato su 6.000 interviste con dirigenti di imprese negli Stati Uniti, nel Regno Unito, in Germania e in Australia, oltre l'80 per cento delle imprese dichiara l'assenza di effetti significativi su occupazione e produttività⁸. Stime relative al manifatturiero statunitense suggeriscono che, almeno nel caso dell'adozione di sistemi di IA industriale⁹, i limitati effetti di breve periodo possono essere dovuti a una dinamica di tipo "J-curve", in cui i costi di integrazione e riorganizzazione precedono i benefici della tecnologia nel più lungo periodo (McElheran et al. 2026). Non mancano tuttavia analisi che riscontrano effetti positivi (Aldasoro et al., 2026; Ropele e Tagliabracchi, 2026).

Un'analisi econometrica che sfrutta dati Invind sul periodo 2022-26 confronta le imprese italiane che adottano l'IA con altre con caratteristiche analoghe ma che non la utilizzano. L'approccio impiegato è di tipo *difference-in-differences* a trattamento scaglionato, che sfrutta il fatto che le imprese hanno adottato l'IA in anni diversi: 2024, 2025 o 2026. Per ciascuna coorte di adottanti, il gruppo di controllo è composto dalle imprese che non avevano ancora sfruttato l'IA nel medesimo periodo. Le stime sono ottenute su un panel bilanciato di circa 900 imprese, confrontate a parità di settore, classe dimensionale, area geografica e propensione all'investimento in tecnologie avanzate al 2022.¹⁰

Le stime non identificano effetti sistematici dell'adozione di IA sul fatturato per addetto, sull'occupazione o sugli investimenti. I risultati vanno tuttavia letti con cautela: non si può escludere che le imprese con traiettorie di crescita più favorevoli adottino l'IA prima delle altre, né che l'assenza di effetti rifletta semplicemente la brevità dell'orizzonte temporale disponibile.

In linea con questa interpretazione, una quota predominante delle imprese intervistate dalla stessa indagine Invind e che fanno uso dell'IA dichiara che l'adozione non ha finora influenzato la produttività del lavoro (70 per cento). Tuttavia, gli effetti attesi per il prossimo triennio risultano più marcati: la metà delle imprese anticipa un impatto positivo sulla produttività, a fronte del 35 per cento che non si attende variazioni.

L'evidenza sull'impatto delle tecnologie dell'informazione e comunicazione (ICT) può aiutare a interpretare le attuali stime degli effetti dell'intelligenza artificiale sulla produttività. Negli anni Ottanta e nei primi anni Novanta, l'aumento rapido degli investimenti in ICT non si tradusse infatti in un'immediata accelerazione della produttività aggregata, dando origine al cosiddetto paradosso di Solow, che concluse "*You can see the computer age everywhere but in the productivity statistics*".

⁷ Da un lato, è difficile misurare l'effettivo grado di integrazione della tecnologia nel processo produttivo. Un contributo alle informazioni usualmente disponibili nei dati survey è venuto dalle indagini SEBC sopra citate, che hanno permesso di chiarire che tassi di adozione elevati possono coesistere con un limitato uso "intensivo" dell'IA. Dall'altro, la stima è complicata dal fatto che le imprese che adottano l'IA sono spesso selezionate tra quelle che più probabilmente possono beneficiarne (più dinamiche, più digitalizzate e dotate di asset complementari in termini di capitale umano, dati, pratiche manageriali).

⁸ Cfr. Yotzov et al. (2026). Anche l'indagine McKinsey su 1.750 grandi imprese mostra effetti ancora limitati dell'adozione dell'IA: solo il 36 per cento delle imprese che adottano tali tecnologie dichiara un impatto positivo sull'EBIT (Singla et al., 2025).

⁹ Le applicazioni di Industrial AI sono soluzioni di intelligenza artificiale applicate ai processi industriali per monitorare, prevedere e ottimizzare operazioni, qualità e manutenzione (spesso usando dati di sensori e macchine).

¹⁰ Lo stimatore produce un effetto medio del trattamento per ciascuna coppia (coorte, periodo), aggregato in una stima media e in un profilo di event study. Le covariate sono incorporate con un metodo *doubly robust*; l'inferenza è basata su *wild bootstrap*.

Studi successivi hanno chiarito che l'apparente paradosso rifletteva necessità di complementarità organizzative e investimenti immateriali che solo con il tempo sono maturati¹¹. Una parte rilevante del divario di crescita della produttività tra Stati Uniti ed Europa è stata attribuita alla diversa capacità di adottare e sfruttare le tecnologie ICT¹². Schivardi e Schmitz (2020)¹³ documentano che le differenze nell'adozione e nell'efficacia dell'ICT spiegano una quota sostanziale del rallentamento della produttività nel Sud Europa rispetto a Germania e Stati Uniti negli anni 1995–2008. Questa evidenza sottolinea il ruolo cruciale delle complementarità organizzative e manageriali nel trasformare l'adozione tecnologica in crescita della produttività.

4. Possibili effetti aggregati di lungo periodo

Nella stima degli effetti aggregati di lungo periodo, l'approccio più seguito modella l'IA come una nuova ondata di automazione all'interno di un framework *task-based*: l'IA aumenta l'efficienza in alcuni compiti, ma l'impatto aggregato dipende dalla loro effettiva diffusione al di fuori di ambiti specifici. I benefici complessivi possono essere rappresentati come il prodotto di quattro fattori: (i) la quota di mansioni esposte all'IA; (ii) la quota di tali mansioni per cui l'adozione è economicamente conveniente; (iii) il minor costo o la maggior efficienza per ciascuna mansione in caso di adozione; (iv) il peso del lavoro nelle attività esposte all'IA.

Partendo da ipotesi diverse sulla misura di questi fattori, Acemoglu (2025) e Aghion e Bunel (2024) giungono a conclusioni molto distanti riguardo all'impatto dell'IA sulla crescita annua della TFP: rispettivamente di 0,07 e 0,68 punti percentuali (Tavola 1). È importante sottolineare che metà della differenza tra le stime derivano dalle ipotesi sulla quota di mansioni esposte all'IA¹⁴ (Colonna 1). La parte restante, invece, dipende dalla quota di tali mansioni per cui l'adozione è economicamente conveniente (che incide sulla domanda, Colonna 2) e il minor costo o la maggior efficienza per ciascuna mansione in caso di adozione (fattori riconducibili al lato dell'offerta, Colonna 3). Questi ultimi due elementi possono essere influenzati dalla policy.

¹¹ A livello microeconomico, l'evidenza ha mostrato che l'ICT era associata a incrementi significativi di produttività d'impresa, soprattutto nel medio periodo. Brynjolfsson e Hitt (2000) documentano una relazione positiva tra capitale IT e performance aziendale, con effetti più forti nel lungo periodo, coerenti con l'ipotesi di investimenti complementari in capitale organizzativo. In modo analogo, Bresnahan et al. (2002) mostrano che l'ICT genera rendimenti elevati quando combinata con riorganizzazione del lavoro e maggiore decentralizzazione decisionale, evidenziando forti complementarità tra tecnologia, organizzazione e competenze. Evidenze successive indicano che le differenze nelle pratiche manageriali spiegano una parte significativa dell'eterogeneità dei ritorni dell'ICT tra imprese e paesi (Bloom et al., 2012). Sul piano macroeconomico, l'accelerazione della produttività negli Stati Uniti tra la metà degli anni Novanta e i primi anni Duemila è stata attribuita in larga misura all'ICT, sia attraverso il *capital deepening* sia tramite l'aumento della produttività nel settore produttore di ICT (Basu et al., 2004; Jorgenson et al., 2008). Tuttavia, tale contributo non fu immediato e si manifestò solo dopo una fase di accumulazione e riorganizzazione. Successivamente, il rallentamento della produttività aggregata ha riaperto il dibattito sulla natura e la durata degli effetti delle rivoluzioni digitali (Gordon, 2012). Brynjolfsson et al. (2021) mostrano che le tecnologie "general purpose" come l'IA richiedono investimenti complementari intangibili (processi, competenze, organizzazione) che all'inizio frenano o mascherano i guadagni di produttività nelle statistiche. Quando questi intangibili "maturano" e vengono sfruttati, i benefici emergono e la produttività può accelerare: è la "Productivity J-curve".

¹² Jorgenson et al. (2008) mostrano che l'accelerazione della produttività statunitense è stata trainata in larga misura dagli investimenti e dall'uso intensivo di ICT, mentre in Europa l'impatto è stato più debole.

¹³ Gli autori calibrano il modello utilizzando evidenza a livello d'impresa e mostrano che esso è in grado di spiegare il 35 per cento del divario di produttività dell'Italia, il 47 per cento di quello della Spagna e l'81 per cento di quello del Portogallo rispetto alla Germania nel periodo 1995–2008. Esercizi controfattuali indicano che sussidi all'adozione dell'ICT o all'istruzione non sono sufficienti a ridurre tale divario: risultano efficaci solo politiche che intervengono direttamente sulle inefficienze manageriali.

¹⁴ I contributi dei singoli fattori sono calcolati a partire dalla decomposizione logaritmica, per cui la differenza logaritmica tra le due stime è pari alla somma delle variazioni logaritmiche dei singoli fattori.

Tavola 1: La scomposizione delle determinanti della crescita annua di TFP in Acemoglu (2025) e Aghion e Bunel (2024)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(1*2*3*4*100)/10
	Su orizzonte di 10 anni				
Studio	Quota di mansioni esposte	Quota di mansioni esposte per cui adozione conviene	Risparmio in caso di adozione	Peso del lavoro nelle attività esposte	Crescita annua TFP (p.p.)
Acemoglu (2025)	0,199	0,23	0,27	0,57	0,07
Aghion e Bunel (2024)	0,600	0,50	0,40	0,57	0,68

Estendendo l’approccio di Acemoglu (2025), un recente lavoro dell’OCSE (Filippucci et al., 2025) calcola i guadagni dall’adozione di IA per i diversi settori del sistema economico, per poi aggregarli con un modello di equilibrio generale costruito a partire da Baqaee e Farhi (2024).

Questo approccio considera le differenze settoriali di esposizione all’IA, rendendo confrontabili paesi con strutture produttive diverse. Cattura anche gli effetti di spillover lungo la rete input-output (un aumento di produttività in un settore determina un aumento della produzione e una riduzione dei prezzi lungo la catena produttiva) e come i benefici aggregati dipendano da domanda e riallocazione di lavoro e capitale tra settori¹⁵.

Per i paesi G7, gli autori stimano un aumento della produttività del lavoro dovuto all’adozione dell’IA compreso tra 0,2 e 1,3 punti percentuali annui (Tavola 2). Le differenze tra paesi sono significative e dipendono dalla struttura settoriale e, soprattutto, dal percorso di diffusione dell’IA. Per l’Italia l’aumento della crescita annua della produttività del lavoro sarebbe pari a 0,19 punti percentuali nel caso di adozione lenta (simile a quella dell’elettricità) e potrebbe arrivare a 0,89 nel caso di adozione rapida ed estesa (simile a quella dei cellulari).

¹⁵ Il meccanismo è il seguente: l’aumento di produttività riduce i costi marginali; assumendo mark-up costanti, ciò si traduce in una riduzione dei prezzi dei beni prodotti. Se tali beni sono utilizzati come input intermedi da altri settori, la diminuzione del loro prezzo abbassa i costi di produzione dei settori a valle (downstream). Poiché la composizione degli input è governata dall’elasticità di sostituzione, i settori downstream reagiscono aumentando la domanda dei beni divenuti relativamente più economici, amplificando così l’effetto iniziale. In questo contesto è importante distinguere tra dimensione e centralità di un settore. I settori centrali — quelli che forniscono input a molti altri comparti — generano una maggiore propagazione aggregata dello shock, poiché la riduzione dei prezzi si diffonde lungo molteplici collegamenti della rete produttiva. Al contrario, gli shock nei settori downstream, più vicini alla domanda finale, tendono ad avere effetti aggregati più contenuti: i guadagni di produttività si riflettono soprattutto in prezzi finali più bassi per i consumatori, senza attivare lo stesso effetto moltiplicativo sui costi degli altri settori. Aumenti della produttività nei settori centrali possono massimizzare gli spillover e gli effetti aggregati, mentre interventi su settori downstream producono benefici diretti ma che non si propagano ad altri settori. La TFP aggregata viene poi convertita in crescita della produttività del lavoro applicando un moltiplicatore (1,5) che incorpora l’effetto di capital deepening. Un moltiplicatore pari a 1,5 è coerente con i modelli standard di crescita con una funzione di produzione Cobb-Douglas e quote di capitale e lavoro rispettivamente pari a 1/3 e 2/3. Inoltre, coincide con il rapporto storico tra la crescita della produttività del lavoro e la crescita della TFP (produttività totale dei fattori), in particolare negli ultimi cinque decenni negli Stati Uniti (Bergeaud et al., 2016).

Tavola 2: I guadagni attesi di produttività dall'adozione dell'intelligenza artificiale

Scenario	Exposure given AI capabilities*	AI adoption pace**	AI's predicted contribution to annual labour productivity growth over the next decade (in p.p.)						
			USA	GBR	DEU	CAN	FRA	ITA	JPN
Slow adoption	Baseline	Slow (as electricity)	0.41	0.39	0.34	0.35	0.26	0.19	0.16
Medium adoption and expanded AI capabilities	Expanded	Medium (as computers & internet)	0.99	0.97	0.86	0.86	0.72	0.57	0.51
Rapid adoption and expanded AI capabilities	Expanded	Rapid (as mobile phones)	1.28	1.27	1.16	1.13	1.05	0.89	0.82

*Exposure to AI is measured as the weighted share of tasks in which AI can substantially reduce the time required for their completion, constructed as outlined in Annex A. Baseline exposure refers to the median estimate of task-level exposure in Eloundou et al. (2024). High exposure refers to the upper-end estimate of task-level exposure in Eloundou et al. (2024), which makes more optimistic assumption about the integration of AI via the development of complementary software (see Figure 4). AI exposure can vary across countries due to differences in the occupational structure within sectors and the sectoral composition of the economy.

**The pace of AI adoption is benchmarked to that of previous technologies (see Figure 6).

Fonte: Filippucci et al. (2025)

Proiezioni per l'Italia

Per ottenere stime più dettagliate e simulare ulteriori scenari è stato impiegato un modello per lo studio della trasmissione degli shock settoriali che si differenzia da quello dell'OCSE per la presenza di un'offerta di lavoro elastica, con potenziali effetti di amplificazione nella trasmissione degli shock, e l'uso di tavole input-output più aggiornate e dettagliate (Bertolotti et al., 2026)¹⁶.

La crescita annua della produttività è superiore a quella stimata dall'OCSE negli scenari di adozione intermedia e rapida (Tavola 3); si stima inoltre un lieve effetto positivo sull'occupazione (di circa un decimo di punto in tutti e tre gli scenari). Nel complesso i risultati confermano che un'adozione rapida della tecnologia potrebbe generare effetti molto significativi sulla crescita della produttività di lungo periodo.

¹⁶ La presenza di un'offerta di lavoro elastica aggiunge un canale macro che ha un impatto significativo. Gli shock settoriali non cambiano solo la produttività "a parità di fattori", ma anche – tramite il loro effetto sulla produttività – l'input di lavoro. Questo tende ad amplificare gli effetti degli shock rispetto al caso di offerta inelastica: un calo di produttività in settori "chiave" può ridurre il salario reale e quindi l'input di lavoro, deprimendo ulteriormente l'output; viceversa, per shock positivi.

Tavola 3: Effetti macro dell'adozione di IA (variazione annua su orizzonte decennale, in punti percentuali)

	Adozione		
	Lenta	Media	Rapida
Produttività del Lavoro	0,2	0,7	1,1

Fonte: Bertolotti et al. (2026).

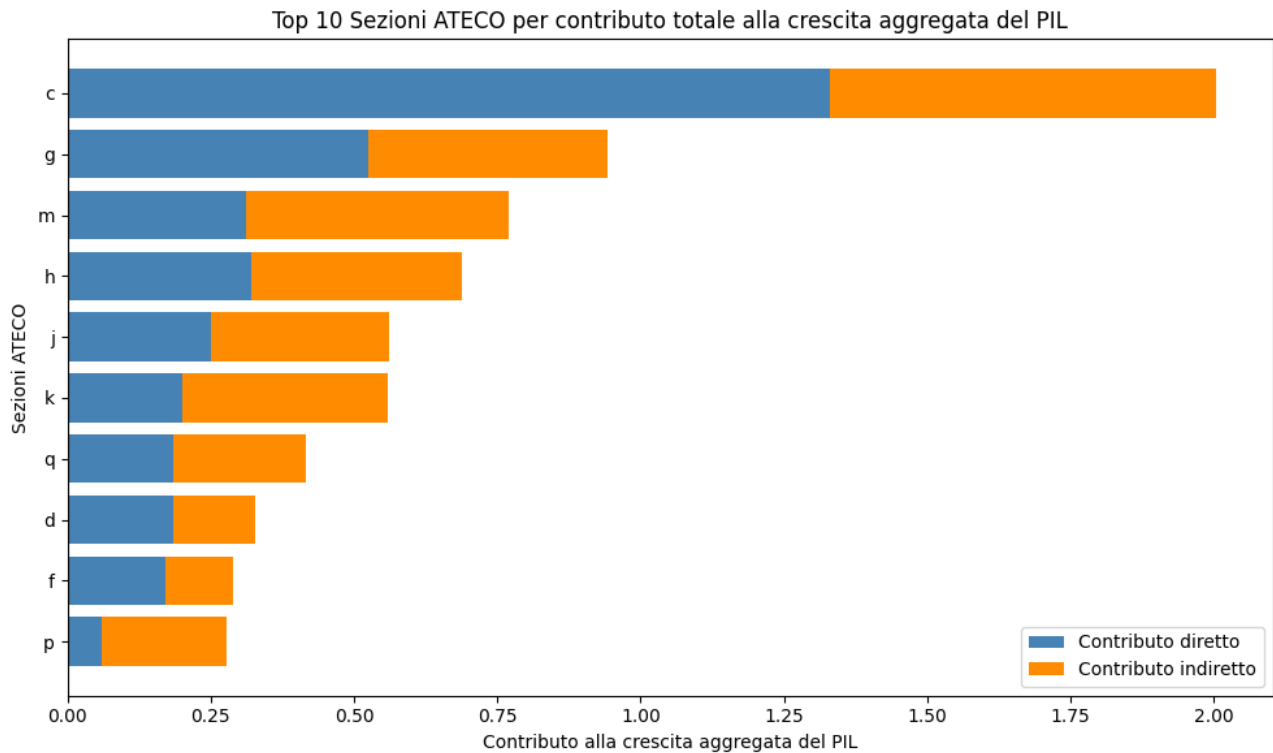
Il modello permette di scomporre il contributo alla crescita del valore aggiunto di ciascun settore (Figura 1), distinguendo la componente diretta (aumento della produttività di quel settore) da quella indiretta (effetti determinati dai legami intersettoriali) e ipotizzando uno scenario di rapida adozione. I contributi alla crescita complessiva del PIL dipendono dalla dimensione del settore, dal suo grado di esposizione all'IA e alla sua posizione nel network produttivo: settori più a monte e più centrali nel network tendono a generare effetti indiretti maggiori.

Su un orizzonte decennale, il contributo principale alla crescita del valore aggiunto viene dalla manifattura (2 punti percentuali), seguita dal commercio (1 punto) e dalle attività professionali (0,8 punti). Nel caso di quest'ultimo settore, che ha un carattere di centralità nei network di produzione servendo e collegando filiere diverse, il contributo maggiore è quello indiretto.

Le stime sono soggette a ampi margini di incertezza. Da un lato, l'impatto potrebbe rivelarsi ancora più ampio: più che le innovazioni del passato, l'intelligenza artificiale è in grado di incidere direttamente sull'attività di ricerca e sviluppo, compresa quella finalizzata al suo stesso avanzamento, determinando una accelerazione dell'innovazione e quindi della produttività. D'altro canto ci sono anche elementi che suggeriscono cautela¹⁷.

¹⁷ In primo luogo, pur consentendo l'importazione di input intermedi, il modello non cattura pienamente possibili miglioramenti della produttività nei settori esteri maggiormente esposti all'IA, causando una possibile sovrastima della crescita del valore aggiunto domestico, in particolare in alcuni servizi *tradeable*. In secondo luogo, il modello ipotizza margini di profitto costanti. Questa ipotesi implica una trasmissione piena dei guadagni di produttività ai prezzi, mentre in presenza di potere di mercato una quota maggiore dei benefici potrebbe essere trattenuta dalle imprese esistenti sotto forma di maggiori profitti, attenuando gli effetti di propagazione lungo le filiere. Infine, il canale di amplificazione legato all'offerta di lavoro endogena, pur limitato a livello quantitativo dalla calibrazione di una offerta di lavoro poco elastica al salario reale, presuppone una significativa capacità di riallocazione settoriale del lavoro. Tale meccanismo potrebbe risultare ancor meno intenso nel caso italiano, dove rigidità strutturali del mercato del lavoro, *mismatch* di competenze e ridotta mobilità geografica possono limitare la mobilità tra settori (Dalla Zuanna et al, 2024).

Figura 1: Contributi alla crescita del PIL (orizzonte decennale, punti percentuali)



Fonte: Bertolotti et al. (2026); Legenda: C = Attività manifatturiere; G = Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli e motocicli; M = Attività professionali, scientifiche e tecniche; H = Trasporto e magazzinaggio; J = Servizi di informazione e comunicazione; K = Attività finanziarie e assicurative; Q = Sanità e assistenza sociale; D = Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata; F = Costruzioni; P = Istruzione.

5. Interventi di policy in favore dell'integrazione di IA nei processi aziendali

Cosa giustifica l'intervento pubblico?

L'intelligenza artificiale può generare importanti guadagni di produttività per le imprese. Se tali benefici fossero pienamente percepiti e appropriabili, le imprese avrebbero incentivo ad adottarla spontaneamente fino a un livello ottimale anche per l'economia nel suo complesso.

In pratica, ciò può non avvenire. Da un lato, alcune imprese possono incontrare difficoltà nel valutare i benefici dell'adozione, nell'individuare gli usi più adatti, nel dotarsi dei capitali o delle competenze necessarie. Dall'altro, una parte dei benefici dell'adozione può estendersi oltre la singola impresa, ad esempio lungo le filiere, attraverso la diffusione di conoscenze e competenze, o mediante effetti di rete in cui i benefici derivanti dall'adozione dipendono dai tassi di adozione aggregati. In presenza di queste esternalità e complementarità, le decisioni delle imprese riflettono solo una parte dei benefici complessivi.

Ne può derivare un livello di adozione inferiore a quello desiderabile per l'economia. L'intervento pubblico può quindi essere giustificato quando contribuisce a rimuovere ostacoli informativi e organizzativi, a favorire la diffusione di competenze e a correggere il divario tra rendimento privato e rendimento sociale della tecnologia.

Nel caso dell'adozione di nuove tecnologie, diventano particolarmente rilevanti le “complementarità strategiche” nell'adozione, per cui il beneficio che un'impresa ottiene dall'adottare l'IA aumenta con l'adozione da parte di altre imprese. La letteratura offre diversi esempi:

- Complementarità “verticali” lungo la filiera: l'adozione di nuove tecnologie da parte dei produttori a monte della filiera produttiva può ridurre i prezzi dei beni intermedi e quindi i costi dei produttori a valle, aumentando la redditività per tutti; la policy può indirizzare verso l'equilibrio ad alta adozione¹⁸.
- Complementarità “orizzontali” tra adottanti (effetti di rete): il beneficio dell'adozione dipende da quanti altri adottano. In presenza di costi fissi e incertezza, le imprese possono razionalmente adottare una strategia “*wait-and-see*”, generando ritardi inefficienti o equilibri multipli legati al raggiungimento di una massa critica.¹⁹ La presenza di effetti di rete è più marcata quando l'adozione richiede standard e infrastrutture comuni o la condivisione di dati, che necessitano sviluppo di soluzioni verticali. La strategia “*wait-and-see*” può inoltre emergere in relazione all'evoluzione attesa della qualità della tecnologia (Bertolotti e Lanteri, 2024).
- Complementarità nell'adozione di diverse tecnologie: l'adozione di una singola tecnologia può avere un rendimento limitato se non accompagnata da investimenti complementari (infrastrutture digitali, competenze, dati, software). In tali contesti possono emergere trappole di bassa adozione e *path dependence* strutturali, che richiedono un coordinamento più ampio o una forte spinta temporanea per spostare l'economia su un sentiero ad alta diffusione.²⁰

L'implicazione comune è la possibile presenza di equilibri multipli e di *path dependence*: un equilibrio di bassa adozione che si autoalimenta perché deprime il rendimento privato dell'adozione; un equilibrio ad alta adozione, in cui una rapida diffusione della tecnologia rafforza il rendimento privato e l'incentivo per le imprese ad adottarla. La policy può “selezionare” tra questi equilibri di

¹⁸ Il meccanismo centrale è costituito da una complementarità macroeconomica: quando i produttori adottano tecniche “moderne”, i loro costi marginali diminuiscono, riducendo i prezzi degli input per i clienti a valle (altre imprese) e aumentando la redditività dell'adozione anche per altre imprese attraverso i legami produttivi inter-impresa. Pertanto, se molti produttori adottano IA, la produttività e la redditività aggregate aumentano anche per le altre imprese, rafforzando ulteriormente l'adozione; se invece pochi adottano, le tecnologie moderne non risultano sufficientemente redditizie e l'economia può coordinarsi su un equilibrio di bassa adozione. In pratica, possono esistere equilibri multipli con alta o bassa adozione e produttività. Le distorsioni interagiscono in modo non lineare con queste complementarità, potenzialmente spingendo l'economia verso l'equilibrio “cattivo”. Riforme o sussidi possono consentire il coordinamento sull'equilibrio “buono”. Cfr. Buera et al. (2021).

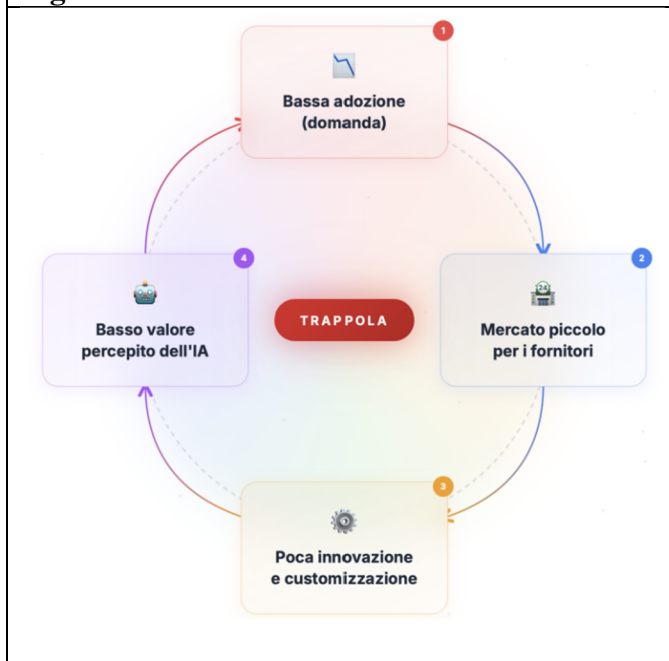
¹⁹ Il beneficio corrente di utilizzo della tecnologia aumenta con il numero di adottanti, per cui il beneficio dell'adozione oggi dipende dal percorso atteso di adozione futura. In presenza di un costo fisso di adozione e incertezza/eterogeneità, gli agenti hanno un valore di opzione nell'attendere che altri adottino per primi (“*wait-and-see*”), producendo una diffusione graduale e, se le complementarità sono forti, la presenza (o assenza) di una massa critica di adottanti può condurre a percorsi di adozione multipli. Cfr. Alvarez et al. (2026). La rilevanza di questi meccanismi è confermata, su dati italiani, dall'analisi di Cullen et al. (2025), che mostra come informare le imprese sui tassi di adozione di imprese simili modifichi le aspettative e, tramite queste, i piani di adozione. La presenza di equilibri di adozione multipli e di diffusione inefficientemente lenta possono emergere anche in relazione all'evoluzione della qualità della tecnologia, in particolare quando essa dipende in maniera endogena dalle scelte d'innovazione dei produttori di tale tecnologia (Bertolotti e Lanteri, 2024).

²⁰ In questo caso la complementarità è esplicita tra le tecnologie adottate: la crescita dipende dall'adozione di un insieme di tecnologie di frontiera complementari, e il rendimento dell'adozione di una tecnologia aumenta quando vengono adottate anche le altre, generando *path dependence*. Il potere di mercato dei fornitori di queste tecnologie può deprimere l'adozione. La policy ha quindi due ruoli: (a) correggere distorsioni sul lato dell'offerta (cosa che può essere difficile se i fornitori sono esteri; si veda Bertolotti et al. (2025)), e (b) agire come strumento di selezione dell'equilibrio (scegliendo un percorso di sviluppo ad alta adozione). Questa è la base della logica del “big push temporaneo”: incentivi concentrati nella fase iniziale possono spostare permanentemente l'economia su un percorso superiore quando le complementarità creano trappole. Cfr. Alvarez, Buera e Trachter (2026).

lungo periodo attraverso interventi sia temporanei, finalizzati a risolvere problemi di *path dependence*, sia strutturali, nel caso della presenza di equilibri multipli di lungo periodo.

I fallimenti di coordinamento tra potenziali adottanti possono comprimere la domanda di soluzioni di IA e incidere anche sugli incentivi all'innovazione dal lato dell'offerta. Un maggiore tasso di adozione amplia il mercato atteso per i produttori, aumentando i ritorni degli investimenti volti a migliorare la qualità delle soluzioni. Allo stesso tempo, tecnologie più performanti rafforzano gli incentivi delle imprese ad adottarle, rendendo più rapidamente obsolete le soluzioni preesistenti (Figura 2). Come mostrato da Bertolotti e Lanteri (2024), politiche di sostegno all'adozione possono quindi stimolare anche l'innovazione da parte dei produttori, attraverso l'espansione del mercato potenziale. Tuttavia, in presenza di elevato potere di mercato, parte dei benefici dei sussidi alla domanda può essere assorbita da prezzi e mark-up più alti, a vantaggio dei fornitori incumbent.

Figura 2 Coordinamento domanda-offerta



Un ulteriore ostacolo alla diffusione riguarda la capacità del mercato di tradurre tecnologie generali in applicazioni adatte ai bisogni operativi delle imprese. L'eterogeneità dei processi produttivi e la scarsa standardizzazione dei dati nelle filiere rendono più difficile sviluppare soluzioni verticali, replicabili e accessibili anche alle imprese di minori dimensioni²¹. Ne può derivare un "missing middle" tra offerta tecnologica a monte e domanda applicativa a valle: il mercato resta polarizzato tra strumenti generalisti e implementazioni su misura, accessibili solo alle imprese di maggiori dimensioni²². Questo fallimento di coordinamento tra domanda e offerta suggerisce l'opportunità di politiche che non si limitino a incentivare l'adozione, ma sostengano l'offerta di applicazioni scalabili.

Tuttavia, l'intervento di policy dovrebbe restare circoscritto, senza sostituirsi al mercato nell'individuazione delle soluzioni IA vincenti: stimolare la domanda e l'offerta di soluzioni nel breve periodo e creare e mantenere nel lungo termine le condizioni favorevoli a coordinamento, sperimentazione, interoperabilità, condivisione dei dati, certezza normativa. Inoltre, come discusso in precedenza, il potere di mercato dal lato dell'offerta può incidere sul disegno ottimale delle politiche: sussidi e procurement rischiano infatti di tradursi in prezzi e mark-up più elevati, trasferendo rendite ai fornitori incumbent. Ne consegue che gli interventi dovrebbero essere disegnati

²¹ In assenza di standard comuni per la raccolta e la condivisione di dati settoriali, i fornitori di tecnologia si trovano a sostenere costi di sviluppo e integrazione elevati per ciascun contesto applicativo, con rendimenti di scala limitati.

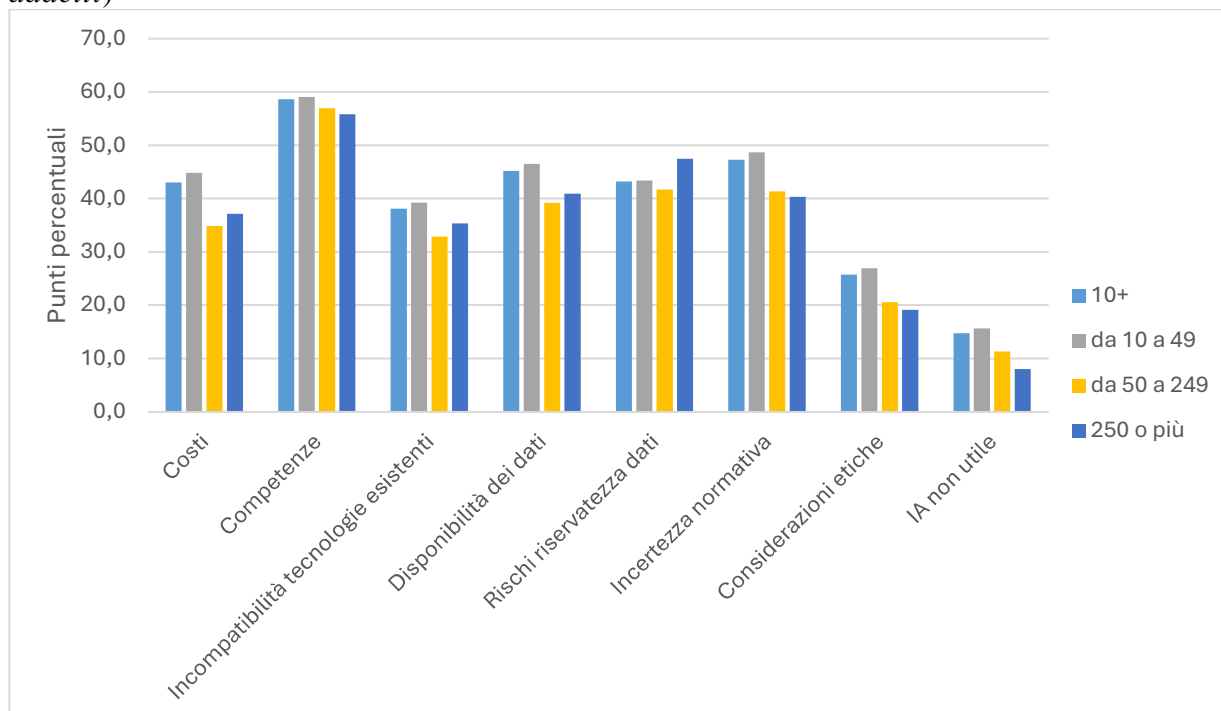
²² Le PMI non sono in grado di colmare autonomamente tale lacuna, mancando delle risorse finanziarie e delle competenze interne necessarie allo sviluppo proprietario, ed essendo spesso escluse dai mercati del credito per investimenti ad alto contenuto intangibile. Si veda OECD (2021).

in modo da preservare la contendibilità dei mercati, ad esempio attraverso procurement competitivo, standard aperti e interoperabili, sostegno all'entrata e infrastrutture condivise²³.

Vincoli aziendali all'adozione

Le indagini Eurostat permettono di raccogliere informazioni sulle cause della mancata adozione da parte delle imprese italiane con almeno 10 addetti, per classe dimensionale dell'impresa (Figura 3). Nel 2025, circa il 10 per cento delle imprese dichiarava di non aver adottato intelligenza artificiale pur avendone valutato la possibilità. La quota di imprese che dichiara che l'IA non è utile per i propri processi produttivi è residuale. La motivazione principale per la mancata adozione di IA in tutte le classi dimensionali è la carenza di competenze. Tuttavia l'adozione non è frenata da un singolo ostacolo, piuttosto da un insieme di fattori che riflettono limiti nella preparazione tecnologica e organizzativa delle imprese, oltre a incertezza sul quadro normativo e i rischi connessi all'adozione.

Figura 3: Cause del mancato utilizzo di IA tra le imprese italiane che hanno valutato l'adozione (Primo semestre del 2025, per classi dimensionali espresse in termini di numero di addetti)



Nota: Per ciascuna classe dimensionale, le barre mostrano l'incidenza dei diversi motivi di mancata adozione dell'IA tra le imprese che ne hanno valutato l'utilizzo. Fonte: Eurostat.

Le politiche per favorire l'adozione

Queste evidenze confermano che le politiche volte a sostenere l'adozione dell'intelligenza artificiale non possono basarsi su interventi isolati, ma richiedono un insieme coerente di azioni complementari; è questo l'approccio seguito anche dai paesi più avanzati nella diffusione della tecnologia. La Tavola 4 propone una griglia di valutazione con punteggi differenziati riguardo al grado di maturità delle policy in diversi ambiti, mettendo a confronto Singapore – avanguardia nelle politiche per l'IA - e

²³ Bertolotti et al. (2025) studiano sussidi ottimali all'investimento/adozione tecnologica in presenza di esternalità di dimensione del mercato ma anche di potere di mercato dei produttori di beni capitali, analizzando esplicitamente il trade-off tra cattura delle rendite e guadagni dinamici. Il lavoro mostra come il sussidio ottimale debba internalizzare lo spillover dinamico sull'innovazione tenendo conto dei mark-up e del potere di mercato, poiché i sussidi dal lato della domanda possono altrimenti essere in parte catturati come rendite.

alcuni paesi scandinavi, leader nell'adozione, con i principali paesi UE (cfr. anche Appendice A: "Strategie nazionali per l'IA: un confronto internazionale"). Un altro elemento importante riguarda la necessità di adottare politiche stabili e prevedibili da parte delle imprese; vi è infatti evidenza diffusa che le piccole e medie imprese italiane abbiano bisogno di tempi lunghi per usufruire di programmi di innovazione o incentivi²⁴.

Tavola 4 : Confronto delle politiche tra Paesi

Dimensione	DK	FI	SG	DE	ES	FR	IT
Stimolo alla domanda							
Riduzione del costo e del rischio economico	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Verde	Verde	Giallo
Informazione e accompagnamento all'adozione	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo
Sviluppo dell'offerta							
Sviluppatori verticali	Giallo	Giallo	Verde	Giallo	Verde	Verde	Giallo
Fattori abilitanti							
Capitale umano e competenze manageriali	Giallo	Verde	Verde	Verde	Rosso	Verde	Rosso
Dati e interoperabilità	Verde	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Rosso
Infrastrutture di calcolo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Compliance e governance IA	Verde	Giallo	Verde	Giallo	Verde	Verde	Giallo
Punteggio totale (max 21)	19	18	21	18	18	21	13
Verde (3) — Policy avanzata: programma operativo, dotazione significativa, governance definita, attuazione avviata							
Giallo (2) — Policy presente: programma avviato, obiettivi definiti, attuazione parziale o dipendente da livello regionale							
Rosso (1) — Policy iniziale: intervento in pianificazione, esclusivamente sub-nazionale, o con gap strutturali nella catena attuativa							

Nota: Tavola realizzata con l'ausilio dell'intelligenza artificiale. Fonti: OECD (2025) *Progress in Implementing the EU Coordinated Plan on AI — country notes*; strategie nazionali ufficiali; EuroHPC JU (2024-2025). SG=Singapore.

Politiche per favorire la domanda

Aumento dell'informazione sulle opportunità e sui ritorni dell'investimento

Molte imprese, soprattutto quelle di minori dimensioni, non dispongono delle competenze o delle risorse necessarie per valutare le opportunità offerte dall'intelligenza artificiale. L'incertezza riguarda non solo i possibili ritorni economici, ma anche le modalità di integrazione delle soluzioni nei processi produttivi e organizzativi e l'evoluzione della frontiera tecnologica, che complica le scelte di adozione.

In diversi paesi questo problema è affrontato attraverso strumenti di accompagnamento all'adozione, quali servizi di consulenza tecnologica, dimostratori applicativi, *testbed*²⁵ e programmi di trasferimento di conoscenza.

²⁴ Si vedano ad esempio: Comitato scientifico per la valutazione dell'impatto economico degli interventi del Piano Transizione 4.0, *Gli incentivi in investimenti 4.0: una valutazione dell'impatto della misura*, rapporto intermedio, novembre 2024; Banca d'Italia, *L'economia dell'Emilia-Romagna. Rapporto annuale*, riquadro «Il competence center BI-REX», in *Economie regionali*, n. 8, giugno 2025, p. 60.

²⁵ Un testbed è un ambiente controllato, fisico o virtuale, utilizzato per sperimentare, collaudare e validare nuove tecnologie, software o processi in condizioni realistiche prima del loro rilascio ufficiale.

Tavola 5: Priorità di policy per favorire l'adozione dell'intelligenza artificiale in Italia
<p>Stimolo alla domanda di applicazioni IA</p> <p>Rafforzare e razionalizzare i servizi di accompagnamento all'adozione (Digital Innovation Hub, Competence Center).</p> <p>Introdurre sostegni economici selettivi (<i>grant/voucher</i>) per l'acquisto di applicazioni IA verticali e finanziamenti per progetti pilota e <i>proof-of-concept</i>.</p>
<p>Rafforzamento dell'offerta e dell'ecosistema innovativo</p> <p>Razionalizzare e specializzare le infrastrutture di trasferimento tecnologico, rafforzando il collegamento tra startup, centri di ricerca e sistema produttivo.</p> <p>Utilizzare il procurement pubblico per creare domanda iniziale e rendere conveniente per i fornitori potenziare l'offerta di soluzioni IA e generare casi d'uso dimostrativi replicabili.</p>
<p>Interventi sui fattori abilitanti</p> <p>Facilitare l'accesso delle imprese alle infrastrutture di calcolo avanzate attraverso modelli di utilizzo condiviso, crediti di calcolo e servizi di accompagnamento tecnico.</p> <p>Promuovere standard di interoperabilità e sviluppare <i>data spaces</i> settoriali per favorire la condivisione sicura dei dati e lo sviluppo di applicazioni scalabili.</p> <p>Introdurre strumenti di sperimentazione regolatoria (<i>sandbox</i> e <i>living labs</i>) per applicazioni IA ad alto contenuto innovativo e promuovere coordinamento e chiarezza nel quadro regolatorio.</p> <p>Rafforzare programmi di <i>upskilling</i> e <i>reskilling</i> della forza lavoro e iniziative di formazione manageriale sull'adozione dell'IA, favorendo al contempo l'attrazione di talenti qualificati.</p>

Analoghe linee di intervento sono previste anche nella strategia italiana per l'intelligenza artificiale, che richiama il ruolo dei Digital Innovation Hub, dei Competence Center e di altre strutture di trasferimento tecnologico. La presenza di una rete ampia di strutture rappresenta un punto di forza in termini di copertura territoriale. Rispetto a iniziative analoghe a livello europeo, tuttavia, i finanziamenti sono ridotti e poco stabili²⁶, e gli interventi tendono ad essere frammentati in numerose iniziative disperse, prive di una strategia condivisa (Andini et al., 2025).

²⁶ Il finanziamento cumulato dei Competence Center nel periodo 2019-25 è stato pari a 186 milioni di euro, a fronte di entrate pubbliche annue del solo Fraunhofer Institute tedesco di 2,2 miliardi e dei centri Catapult nel Regno Unito di 320 milioni di sterline nel 2023.

Riduzione dei costi e del rischio economico associati all'adozione

Oltre alle barriere informative, l'adozione dell'intelligenza artificiale può essere frenata dalla presenza di costi fissi di implementazione che precedono benefici incerti. In queste condizioni le imprese possono razionalmente adottare strategie di attesa, rinviando l'investimento fino a quando non si riduce l'incertezza sulle tecnologie disponibili, sugli standard di mercato o sul contesto regolatorio.

I sussidi per progetti pilota rappresentano uno strumento diretto per abbattere questa barriera, riducendo la quota di costo che ricade sull'impresa nella fase esplorativa. Interventi temporanei di sostegno possono inoltre svolgere una funzione di coordinamento, facilitando l'avvio dei processi di adozione.

L'efficacia di questi strumenti dipende tuttavia dal loro disegno. Sussidi o crediti d'imposta generici alla digitalizzazione tendono ad avere impatti diffusi ma limitati in profondità. Strumenti più selettivi, concentrati su progetti con elevato contenuto innovativo o su tecnologie specifiche, possono produrre risultati più trasformativi, generando al contempo segnali di domanda più chiari per i fornitori dei servizi e stimolando lo sviluppo di applicazioni specializzate. Come in parte già accade, i sussidi possono essere erogati attraverso i Competence Center e le strutture di trasferimento tecnologico, che in questo caso svolgono una funzione congiunta di valutazione tecnica dei progetti e di accompagnamento all'implementazione; è questo uno degli elementi salienti nei modelli di partnership descritti nel Box: *Il programma 100 Experiments di AI Singapore*.

Box: Il programma “100 Experiments” di AI Singapore

Singapore è uno dei paesi più attivi nello sviluppare forme di supporto all'adozione di IA da parte delle imprese (cfr. Appendice A: Strategie nazionali per l'IA: un confronto internazionale). Tra le iniziative internazionali più frequentemente richiamate nel dibattito sulle politiche per la diffusione dell'intelligenza artificiale figura il programma “100 Experiments” promosso da AI Singapore, piattaforma nazionale sostenuta dal governo in collaborazione con la National University of Singapore. Il programma si inserisce in un più ampio framework di trasformazione digitale che include anche la piattaforma *Go Digital*, progettata per supportare le imprese, in particolare le PMI, nell'adozione progressiva di tecnologie digitali avanzate, inclusa l'IA.

Il programma è strutturato come un meccanismo di co-innovazione pubblico-privata, orientato allo sviluppo rapido di soluzioni di IA applicate. Le imprese presentano *use case* specifici, tipicamente ben delimitati e con impatti misurabili. Una volta selezionati, i progetti sono sviluppati da team di ingegneri, data scientist e ricercatori specializzati in IA, con il supporto finanziario pubblico che copre una quota significativa dei costi. L'obiettivo è realizzare in tempi relativamente brevi (di norma sei mesi) *proof-of-concept* funzionanti, in grado di dimostrare la fattibilità tecnica ed economica delle soluzioni proposte. Al termine della sperimentazione, le imprese possono decidere se adottare la soluzione sviluppata.

Questo approccio consente di ridurre il rischio associato alle prime fasi di adozione e di generare casi dimostrativi replicabili. Il programma rappresenta un intervento di policy volto a stimolare simultaneamente domanda e offerta nel mercato dell'intelligenza artificiale. L'aumento del numero di imprese coinvolte genera segnali di domanda più chiari e consistenti, riducendo l'incertezza per sviluppatori, startup e fornitori tecnologici. Questo effetto di coordinamento contribuisce a espandere la dimensione attesa del mercato, incentivando investimenti in R&S, miglioramenti qualitativi delle soluzioni e, in ultima analisi, il rafforzamento dell'intero ecosistema nazionale dell'innovazione.

Politiche per favorire l'offerta

Rafforzamento dell'offerta di applicazioni, sviluppo del "missing middle", trasferimento tecnologico

Lo sviluppo di un ecosistema dinamico di startup e scale-up specializzate in intelligenza artificiale è un fattore cruciale sia per la generazione di soluzioni innovative sia come canale di diffusione della tecnologia nel sistema produttivo attraverso l'adattamento di modelli e strumenti generali alle specificità settoriali e organizzative delle imprese²⁷.

In diversi paesi europei, il rafforzamento dell'offerta di applicazioni di intelligenza artificiale molto specializzate è sostenuto con un insieme coordinato di interventi pubblici: finanziamenti, infrastrutture per l'innovazione e programmi di supporto alle imprese²⁸. Queste misure accompagnano tutte le fasi dello sviluppo, soprattutto il passaggio più delicato dalla ricerca al mercato²⁹.

Infine, il supporto non si esaurisce nella fase iniziale, ma può continuare lungo il sentiero di crescita dell'impresa, offrendo accesso a capacità di calcolo, basi di dati condivise, strumenti comuni di sviluppo e competenze difficili da trovare sul mercato. In questo modo si riducono gli ostacoli all'ingresso e si accelera l'arrivo sul mercato di un'offerta più ampia di applicazioni specializzate.

Anche nel caso italiano sono state avviate iniziative rivolte alla promozione del *Venture Capital* (VC)³⁰ e al trasferimento tecnologico, ma la loro scala rimane ridotta. Nel secondo ambito, tra le esperienze di successo può essere richiamata l'attività dell'Istituto Italiano di Tecnologia (IIT), fondazione di diritto privato finanziata prevalentemente con risorse pubbliche e con una missione esplicita di valorizzazione industriale della ricerca. L'Istituto ha promosso negli ultimi anni progetti

²⁷ Le soluzioni applicative emergenti riguardano diversi ambiti. Ad esempio, gli strumenti di sviluppo software assistito dall'IA consentono di realizzare applicazioni interne su misura e di automatizzare funzioni amministrative e gestionali, riducendo tempi e costi operativi. Parallelamente, sistemi di automazione dei workflow complessi, basati su agenti intelligenti o soluzioni documentali avanzate, stanno trasformando attività ad alta intensità informativa in settori come finanza, servizi professionali e pubblica amministrazione. Un ulteriore filone riguarda lo sviluppo di modelli *domain-specific* addestrati su dati settoriali, con applicazioni nei servizi sanitari, nella manifattura avanzata e nei servizi tecnici ad alta intensità di conoscenza. Infine, l'integrazione tra IA e robotica ("physical AI") apre prospettive rilevanti per l'automazione dei processi produttivi e logistici.

²⁸ In Francia, ad esempio, strumenti gestiti da Bpifrance sostengono la crescita di startup deep-tech e il loro collegamento con filiere industriali esistenti. In Spagna il Next Tech Fund, con risorse complessivamente mobilitate per circa 4 miliardi di euro, supporta imprese digitali e di intelligenza artificiale ad alto potenziale di crescita. In Germania, il programma AI Founder Fellowship (Mission KI) sostiene ricercatori e sviluppatori nella trasformazione di risultati scientifici in iniziative imprenditoriali.

²⁹ Gli strumenti di sostegno coniugano contributi alla ricerca, investimenti congiunti tra pubblico e privato, fondi dedicati alle tecnologie avanzate e strumenti per ridurre il rischio degli investimenti più incerti. Accanto ai finanziamenti, vengono attivati programmi di accompagnamento per le imprese innovative, che offrono sostegno sia commerciale sia tecnico. Spesso questi programmi si affiancano a spazi di prova che permettono di testare le soluzioni in contesti vicini a quelli reali. Un aspetto centrale è il legame con università e centri di ricerca, che forniscono competenze avanzate e favoriscono il trasferimento dei risultati scientifici verso il mondo produttivo. Questo rende più efficace la trasformazione della ricerca in nuove imprese e applicazioni ad alto contenuto innovativo.

³⁰ Sul versante finanziario operano strumenti pubblici e pubblico-privati volti a sostenere la crescita di startup tecnologiche. In particolare, CDP Venture Capital gestisce un insieme di fondi che sostengono la nascita e la crescita di imprese deep-tech e la valorizzazione dei risultati della ricerca. Esempi sono rappresentati dal Fondo Nazionale Innovazione, l'AI Tech Fund, il Fondo Deep Tech e il Fondo Nazionale Trasferimento Tecnologico.

avanzati nei campi della robotica umanoide³¹ e dei materiali innovativi e nanomateriali, con potenziali applicazioni nei settori aerospaziale, automobilistico, biomedicale ed energetico.

Tuttavia, al di là di alcune eccellenze, la capacità di trasformare i risultati scientifici in applicazioni industriali resta limitata. Nel 2022 gli articoli scientifici sull'IA altamente citati prodotti da ricercatori residenti in Italia sono stati poco più della metà di quelli tedeschi, mentre il numero di domande di brevetto nello stesso ambito risultava essere circa venti volte inferiore.

La domanda pubblica e il pre-commercial procurement

In diversi paesi l'adozione dell'IA da parte della pubblica amministrazione è utilizzata non solo per migliorare l'efficienza dei servizi pubblici, ma anche per stimolare la creazione di mercati e applicazioni che successivamente possono diffondersi nel settore privato³².

Una leva meno nota è il *Pre-Commercial Procurement* (PCP), attraverso cui la pubblica amministrazione finanzia attività di ricerca e sviluppo presso imprese private finalizzate a realizzare soluzioni innovative non ancora disponibili sul mercato (cfr. il Box *Il Pre-Commercial Procurement come politica per l'innovazione*).

Box: Il Pre-Commercial Procurement come politica per l'innovazione

Il PCP³³ è uno strumento di politica dell'innovazione attraverso cui le amministrazioni pubbliche possono acquistare servizi di ricerca e sviluppo (R&S) per rispondere a bisogni pubblici specifici per i quali il mercato non offre ancora soluzioni disponibili. La ratio economica del PCP risiede nella correzione di fallimenti di mercato che ostacolano l'innovazione in ambiti di interesse collettivo. In assenza di una domanda pubblica strutturata e disposta a condividere il rischio, gli operatori privati tendono a sotto-investire in tecnologie destinate a sfide collettive caratterizzate da elevata incertezza ed effetti diffusi, quali ad esempio salute, mobilità e sostenibilità ambientale.

Rispetto ad altri strumenti di procurement innovativo, il PCP si caratterizza per il fatto di essere limitato alla fase pre-commerciale e per il suo modello di condivisione del rischio e dei benefici. In particolare, i risultati della ricerca non sono riservati all'appaltante, che acquisisce solo diritti di utilizzo non esclusivi, mentre i diritti di proprietà intellettuale rimangono in capo ai fornitori. Inoltre, l'appaltante co-finanzia l'attività di R&S coprendo solo una parte dei costi. Questa configurazione è funzionale a evitare la qualificazione dello strumento come aiuto di Stato.

Il PCP è sostenuto a livello operativo dai programmi quadro dell'Unione Europea per la ricerca e l'innovazione, che prevedono specifiche forme di cofinanziamento per reti di amministrazioni

³¹ Generative Bionics è un'impresa spin-off che opera nel campo della progettazione avanzata di componenti robotici e bionici, combinando tecniche di modellazione generativa, intelligenza artificiale e nuovi materiali per sviluppare soluzioni ad alte prestazioni in applicazioni industriali e biomedicali. Rehab Technologies è un laboratorio congiunto IIT-INAIL dedicato allo sviluppo di soluzioni robotiche e dispositivi intelligenti per la riabilitazione e il reinserimento lavorativo di persone con disabilità o infortuni. Le attività includono lo sviluppo di esoscheletri e protesi robotiche ad alto contenuto tecnologico, integrati con sistemi di controllo avanzati e algoritmi di apprendimento automatico.

³² In Spagna, ad esempio, progetti pilota e living labs nella pubblica amministrazione consentono a startup e fornitori tecnologici di sperimentare soluzioni su processi reali; in Danimarca una task force dedicata promuove l'utilizzo dell'IA nei servizi pubblici e la scalabilità delle soluzioni sviluppate.

³³ Il quadro regolatorio del PCP è stato definito dalla Commissione Europea nel 2007 nell'ambito della Comunicazione COM(2007) 799 final, *Pre-commercial Procurement: Driving innovation to ensure sustainable high quality public services in Europe*, 14 dicembre 2007. In Italia, la disciplina degli appalti pre-commerciali è stata introdotta dall'art. 158 del D.Lgs. n. 50/2016. Sui profili interpretativi, cfr. ANAC, deliberazione n. 46 del 26 febbraio 2014.

aggiudicatrici impegnate nell'acquisto congiunto di servizi di R&S. In questo contesto, il PCP è concepito come uno strumento privilegiato per favorire la cooperazione transnazionale, la condivisione dei costi e l'emersione di mercati europei per soluzioni innovative. La Commissione Europea ha di recente evidenziato il ruolo del procurement pubblico nell'ambito dell'IA, non solo per il miglioramento dei servizi pubblici, ma anche per lo sviluppo di un mercato europeo di soluzioni innovative; in particolare, nel PCP si individua lo strumento più adatto per stimolare la crescita di startup e PMI³⁴. Nel 2021 la Commissione Europea ha pubblicato un'analisi³⁵ dei PCP in ambito ICT co-finanziati dall'Unione Europea nel contesto dei programmi FP7, CIP e Horizon 2020, che ha rilevato significativi impatti a lungo termine su committenti e imprese alcuni anni dopo la conclusione dei PCP³⁶. Tra i progetti più rilevanti per impatto e valore strategico si possono annoverare AI4Cities³⁷, THALEA³⁸ e PRACE-3IP. In particolare, quest'ultimo, indetto nel 2013 con un budget di 9 milioni di euro, ha avuto come obiettivo lo sviluppo di soluzioni per aumentare l'efficienza energetica di sistemi di calcolo ad alte prestazioni (HPC). Si tratta anche di un'iniziativa transnazionale, in cui il consorzio italiano Cineca ha partecipato come stazione appaltante, gestendo la gara per conto dell'intero consorzio europeo.

La Figura A sintetizza le partecipazioni di diversi paesi europei ai ventisei PCP analizzati dalla Commissione Europea nel 2021. Dal quadro emerge una partecipazione attiva da parte dell'Italia.

L'Italia ha avviato un impegno strutturato nel PCP a partire dal 2013³⁹. Nel 2015, l'Agenzia per l'Italia Digitale (AgID) è stata designata come soggetto attuatore e centrale di committenza del PCP su scala nazionale, assumendo il compito di analizzare e aggregare i fabbisogni raccolti in ambiti tematici omogenei e di predisporre procedure coerenti e scalabili. Su queste basi si è sviluppato il programma Smarter Italy, promosso congiuntamente da più amministrazioni centrali e attuato da AgID⁴⁰, che rappresenta la principale cornice operativa degli appalti innovativi in Italia

³⁴ Cfr. StepUp StartUps Consortium (2025). Il report sottolinea tuttavia che la complessità procedurale del PCP sia di ostacolo a startup e PMI.

³⁵ Cfr. European Commission (2021).

³⁶ Circa il 50 per cento delle aziende sta generando ricavi dalla commercializzazione, il 24 per cento delle startup partecipanti ha ottenuto investimenti azionari e il 18 per cento ha concluso partenariati per la commercializzazione. Il 71,5 per cento del valore dei contratti è stato assegnato direttamente a PMI. Il 19 per cento degli appalti è stato aggiudicato a consorzi di aziende e PMI e il 33,1 per cento a livello transfrontaliero.

³⁷ Il progetto AI4Cities rappresenta uno dei casi più avanzati, a oggi, di PCP europeo che include l'IA come tecnologia abilitante: il progetto mira a sfruttare l'intelligenza artificiale per implementare i piani di azione climatica di sei città europee alla ricerca di soluzioni energetiche e di mobilità orientate alla neutralità carbonica. Il Buyer Group, composto da Helsinki, Amsterdam, Copenhagen, Parigi, Stavanger e Tallinn, con il contributo dell'Unione Europea, ha messo a disposizione dei fornitori selezionati un budget totale di 4,6 milioni di euro per l'intera durata del PCP (2020-22). I 41 fornitori selezionati per la Fase 1 hanno ricevuto fino a 40.000 euro ciascuno per sviluppare ulteriormente le loro soluzioni basate su IA. Le proposte spaziavano dall'ottimizzazione dei flussi di traffico con IA in tempo reale alla gestione della domanda energetica negli edifici utilizzando l'accumulo termico, alla gestione del ciclismo urbano con sistemi intelligenti, all'ottimizzazione della logistica dell'ultimo miglio.

³⁸ THALEA (Telemonitoring and Telemedicine for Hospitals Assisted by ICT for Life saving co-morbid patients in Europe) è stato coordinato dall'ospedale universitario di Aquisgrana (Germania). Il progetto rappresenta uno dei casi più significativi di utilizzo del PCP in ambito sanitario a livello europeo. L'iniziativa ha sviluppato soluzioni di telemedicina per il monitoraggio dei pazienti in terapia intensiva, consentendo l'analisi in tempo reale di dati clinici e il supporto remoto agli specialisti nella gestione di situazioni critiche. Il progetto è stato successivamente seguito da THALEA II, che ha utilizzato uno strumento di Public Procurement of Innovative Solutions (PPI) per accompagnare la soluzione verso la fase di commercializzazione, completando il ciclo PCP-PPI.

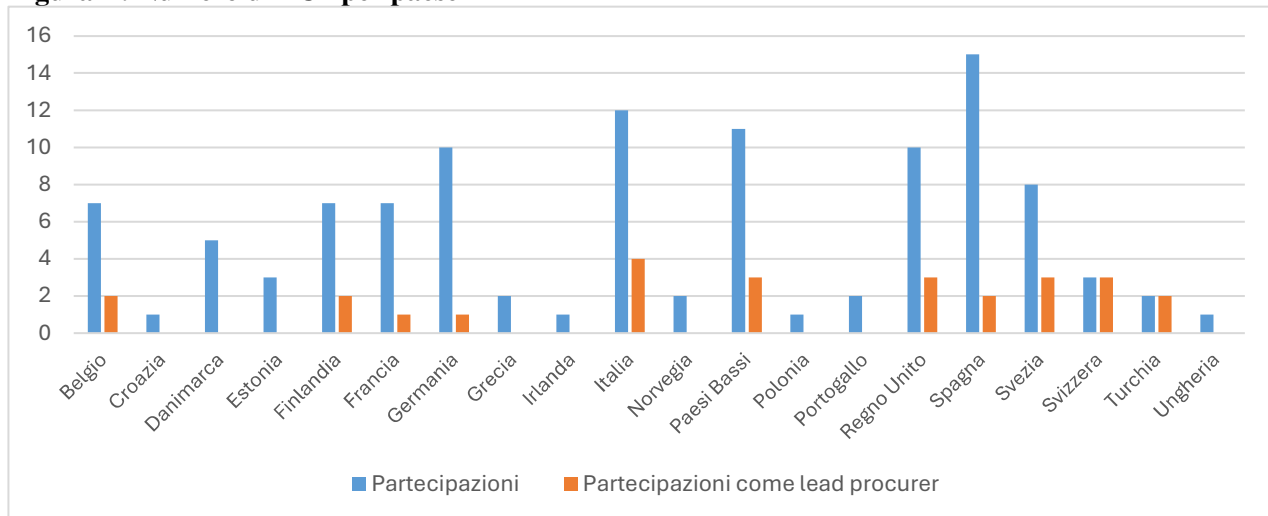
³⁹ La prima iniziativa strutturata risale a una call lanciata nel marzo 2013 dal MIUR, d'intesa con il MISE, rivolta alle amministrazioni locali per la raccolta di fabbisogni di innovazione. La call ha raccolto 42 manifestazioni di interesse, di cui 30 di competenza diretta del MIUR, per un valore stimato di circa 90 milioni di euro, finanziati principalmente attraverso fondi strutturali europei.

⁴⁰ Il programma Smarter Italy è promosso da MIMIT, MUR e dal Dipartimento per la Trasformazione Digitale della Presidenza del Consiglio dei ministri ed è attuato da AgID. Le prime iniziative sono state avviate nel ciclo di programmazione 2014-2020.

nell'ambito dei cicli di programmazione europea più recenti. Il programma ha avviato interventi in diversi settori strategici.

L'esperienza maturata a livello europeo mostra come il PCP, pur essendo uno strumento efficace per stimolare innovazione avanzata, presenti alcune criticità strutturali che incidono sulla sua diffusione e sul suo impatto. La complessità procedurale e la gestione del rischio rimangono barriere significative⁴¹, tanto che in contesti come quello italiano si è reso spesso necessario il supporto di soggetti centrali specializzati, come AgID, per accompagnare le amministrazioni; tuttavia, un impegno stabile e risorse crescenti nel tempo possono portare a un graduale miglioramento delle amministrazioni stesse riguardo alla gestione di queste iniziative. Inoltre, la natura del PCP come strumento pre-commerciale implica una discontinuità rispetto al mercato che può ridurre gli incentivi alla partecipazione, soprattutto per le PMI.

Figura A: Numero di PCP per paese



Nota: Considerando i 26 PCP per soluzioni ICT co-finanziati dall'Unione Europea, oggetto di analisi da parte della Commissione Europea nel 2021, il grafico riporta, per ogni Paese, il numero di PCP in cui una o più amministrazioni nazionali partecipano come procurer, evidenziando il numero di PCP in cui il Paese ricopre il ruolo di lead procurer.

Accanto alla domanda pubblica diretta, anche l'introduzione di standard digitali obbligatori può svolgere un ruolo importante nel favorire la diffusione delle tecnologie. Un esempio rilevante nel caso italiano, sebbene non inerente all'IA, è rappresentato dall'introduzione della fatturazione elettronica, che ha imposto alle imprese un salto significativo nella digitalizzazione dei processi e nella strutturazione dei dati; nella stessa direzione potrebbe agire l'introduzione di standard specifici di cybersecurity per i fornitori della pubblica amministrazione.

Interventi sui fattori abilitanti

Condivisione e interoperabilità dei dati

Le applicazioni di IA più avanzate richiedono la condivisione di dati specifici di dominio e di processo che normalmente sono frammentati in silos e dispersi lungo le filiere produttive. Questo limita la possibilità di sviluppare soluzioni scalabili per filiere o interi settori.

⁴¹ Cfr. Morisson e Pattinson (2019).

In molti paesi europei sono state introdotte strategie nazionali per favorire la disponibilità di dataset pubblici e la condivisione sicura di dati tra imprese e istituzioni⁴². In Italia, la Piattaforma Digitale Nazionale Dati, prevista dal Codice dell'Amministrazione Digitale e inclusa tra gli interventi chiave del PNRR, rappresenta un'infrastruttura potenzialmente rilevante per migliorare l'interoperabilità e l'accessibilità delle basi informative pubbliche, creando le condizioni per lo sviluppo di servizi data-driven e applicazioni di intelligenza artificiale. Inoltre, la strategia italiana per l'IA individua nella valorizzazione dei dati un pilastro essenziale per sostenere la diffusione della tecnologia. Tuttavia, al di là degli indirizzi strategici, le iniziative operative sono ancora in fase di consolidamento. L'obiettivo dovrebbe essere favorire forme di condivisione sicura dei dati tra imprese, in particolare all'interno di filiere e distretti, promuovendo standard comuni e interoperabilità tecnica⁴³.

Certezza normativa e di compliance

Un ulteriore fattore che può rallentare la diffusione dell'intelligenza artificiale è rappresentato dall'incertezza relativa al quadro normativo e agli obblighi di compliance. La rapida evoluzione della tecnologia, unita alla definizione progressiva di regole in materia di responsabilità, protezione dei dati e gestione dei rischi, può indurre le imprese ad adottare strategie di attesa.

In diversi paesi sono stati introdotti strumenti di sperimentazione regolatoria, come i cosiddetti *regulatory sandbox*, che consentono di testare applicazioni basate sull'intelligenza artificiale in contesti controllati, favorendo al contempo l'apprendimento istituzionale e la definizione di prassi operative condivise⁴⁴. Anche in questo caso, la strategia italiana per l'IA richiama la necessità di adottare *sandbox* per testare la regolamentazione, ma questo tipo di iniziative non sono ancora pienamente avviate.

Sviluppo del capitale umano e delle competenze

L'adozione dell'IA richiede non solo competenze tecniche avanzate, ma anche capacità manageriali e organizzative. Per questo motivo molti paesi hanno avviato programmi che agiscono su più livelli: formazione di base e istruzione superiore, riqualificazione della forza lavoro e attrazione dei talenti⁴⁵.

Nel caso italiano, nonostante una diffusione relativamente ampia di competenze digitali di base, permangono alcune criticità strutturali. Gli indicatori internazionali evidenziano una quota relativamente ridotta di laureati nelle discipline STEM rispetto ai principali paesi avanzati e una carenza di specialisti ICT nel mercato del lavoro. A ciò si aggiungono debolezze nella qualità delle pratiche manageriali, che la letteratura empirica ha associato a una minore capacità di adottare e

⁴² La Danimarca rappresenta uno dei casi più avanzati, grazie a politiche sistematiche di open data, alla creazione di archivi linguistici nazionali e allo sviluppo di piattaforme pubbliche. In Finlandia, il Data Spaces Alliance Finland ha coinvolto più di 100 attori in 30 data spaces che riguardano 15 settori.

⁴³ Iniziative come la tedesca Catena-X, nel settore automotive, mostrano la possibilità di creare spazi dati federati in cui le imprese condividono informazioni mantenendone la sovranità e adottando standard comuni, abilitando applicazioni di tracciabilità, qualità e sostenibilità lungo la filiera.

⁴⁴ La Spagna, ad esempio, ha avviato programmi pilota per accompagnare lo sviluppo di sistemi ad alto rischio nel rispetto dei requisiti dell'AI Act, mentre la Danimarca ha attivato sandbox rivolti a imprese e organizzazioni pubbliche per sperimentare applicazioni nel rispetto della normativa sulla protezione dei dati.

⁴⁵ In Estonia, il programma AI Leap introduce competenze di base sull'intelligenza artificiale nei curricula scolastici. In Finlandia, il Finnish Center for Artificial Intelligence (FCAI) collega università, centri di ricerca e imprese e promuove programmi di formazione avanzata, anche con l'obiettivo esplicito di attrarre studenti e ricercatori internazionali. Il programma finlandese AI 1000 eroga invece formazione rivolta al management. In Francia, il programma AI Booster France 2030 promuove attività di upskilling del management.

sfruttare tecnologie avanzate (Bloom et al., 2012; Schivardi e Torrini, 2011; Schivardi e Schmitz, 2020).

Infrastrutture di calcolo: dalla ricerca di base alle applicazioni di intelligenza artificiale

Tra i fattori in grado di favorire l'adozione dell'IA nelle imprese, le infrastrutture di calcolo ad alte prestazioni (*High Performance Computing*, HPC) svolgono un ruolo centrale, abilitando l'elaborazione avanzata dei dati e l'addestramento di modelli IA su larga scala.

L'Italia si inserisce in questo contesto con una posizione relativamente favorevole nel supercalcolo, grazie alla presenza di infrastrutture di rilievo internazionale, come il supercomputer HPC6 di proprietà di Eni (cfr. Appendice B: *Eni-HPC6*) e il supercalcolatore Leonardo presso il consorzio pubblico Cineca (cfr. Appendice B: *Leonardo*). HPC6 di Eni è impiegato in progetti di simulazione avanzata per applicazioni energetiche ed è inserito in un ecosistema che coinvolge università, centri di ricerca e startup attraverso iniziative dedicate. Leonardo è invece un'infrastruttura pubblica orientata prevalentemente alla ricerca scientifica (fisica delle particelle, fusione nucleare, intelligenza artificiale e machine learning).

Questa dotazione rappresenta una condizione importante per supportare lo sviluppo dell'IA, ma non è di per sé sufficiente per sostenerne la diffusione nel settore produttivo. I sistemi di supercalcolo pubblici, come Leonardo presso il Cineca di Bologna, sono infatti stati storicamente progettati e utilizzati in misura prevalente per finalità di ricerca scientifica da parte di università e centri di ricerca, con un coinvolgimento limitato delle imprese⁴⁶. È in risposta a questi limiti che, nell'attuale contesto, si inserisce l'iniziativa europea a sostegno delle *AI Factories*. L'*AI Factory IT4LIA (Italy for Artificial Intelligence)* – evoluzione del supercalcolatore Leonardo e basata sul modello *one-stop-shop* – mira proprio a semplificare l'accesso alle risorse di calcolo, ai grandi dataset e ai servizi avanzati per le applicazioni industriali, con un particolare focus su quattro ambiti specialistici: agroalimentare, manifatturiero, cybersecurity e studio della terra. La sfida principale è quindi trasformare una dotazione infrastrutturale avanzata in un ecosistema effettivamente accessibile e utilizzabile dalle imprese, soprattutto di minore dimensione.

⁴⁶ Nel 2024, solo il 5 per cento della potenza di calcolo del super computer Leonardo è stata impiegata per contratti e bandi su progetti industriali. Cfr., per dettagli, Cineca, *Cineca HPC Report 2024-25*, pag. 16.

Bibliografia

- Acemoglu, D. (2025). *The simple macroeconomics of AI*. *Economic Policy*, 40(121).
- Aghion, P., & Bunel, S. (2024). *AI and growth: Where do we stand?* Policy Note.
- Alvarez, F. E., Argente, D., Lippi, F., Mendez-Chacon, E., & Van Patten, D. (2026). *Strategic complementarities in a dynamic model of technology adoption: P2P digital payments*. (CEPR Discussion Paper No. DP21211). Centre for Economic Policy Research.
- Alvarez, F. E., Buera, F. J., & Trachter, N. (2026). *Technology adoption and optimal policy* (NBER Working Paper No. 35133). National Bureau of Economic Research.
- Aldasoro, I., Gambacorta, L., Pal, R., Revoltella, D., Weiss, C., & Wolski, M. (2026). *AI adoption, productivity and employment: Evidence from European firms* (BIS Working Papers No. 1325). Bank for International Settlements.
- Andini, M., Bertolotti, F., Citino, L., D'Amuri, F., Linarello, A., & Mattei, G. (2025). *Ricerca, innovazione e trasferimento tecnologico in Italia*. *Questioni di Economia e Finanza* 954. Banca d'Italia.
- Banca d'Italia. (2025). *L'economia dell'Emilia-Romagna. Rapporto annuale* (Economie regionali, No. 8, giugno 2025). Banca d'Italia.
- Baqae, D. R., & Farhi, E. (2024). Networks, barriers, and trade. *Econometrica*, 92(2), 505–541.
- Basu, S., Fernald, J. G., Oulton, N., & Srinivasan, S. (2004). *The case of the missing productivity growth, or does information technology explain why productivity accelerated in the United States but not in the United Kingdom?* *NBER Macroeconomics Annual*, 18, 9–82.
- Bergeaud, A., Cette, G., & Lecat, R. (2016). *Productivity trends in advanced countries between 1890 and 2012*. *Review of Income and Wealth*, 62(3), 420–444.
- Bertolotti, F., & Lanteri, A. (2024). *Capital replacement and innovation dynamics*. (CEPR Discussion Paper No. DP18869). Centre for Economic Policy Research.
- Bertolotti, F., Lanteri, A., & Yoon, H. (2025). *Optimal subsidies for capital replacement and the green transition*. (Mimeo).
- Bertolotti, F., Linarello, A., & Zoi, P. (2026). *Shock propagation and economic policies in the Italian production network*. *Questioni di Economia e Finanza*, Banca d'Italia, di prossima pubblicazione.
- Bloom, N., Sadun, R., & Van Reenen, J. (2012). *Americans do IT better: US multinationals and the productivity miracle*. *American Economic Review*, 102(1), 167–201.
- Bresnahan, T. F., Brynjolfsson, E., & Hitt, L. M. (2002). *Information technology, workplace organization, and the demand for skilled labor: Firm-level evidence*. *Quarterly Journal of Economics*, 117(1), 339–376.
- Brynjolfsson, E., & Hitt, L. M. (2000). *Beyond computation: Information technology, organizational transformation and business performance*. *Journal of Economic Perspectives*, 14(4), 23–48.
- Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2021). *The productivity J-curve: How intangibles complement general purpose technologies*. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 13(1), 333–372.
- Brynjolfsson, E., Li, D., & Raymond, L. (2025). *Generative AI at work*. *The Quarterly Journal of Economics*, 140(2), 889–942.
- Buera, F. J., Hopenhayn, H., Shin, Y., & Trachter, N. (2021). *Big push in distorted economies*. (NBER Working Paper No. 28561). National Bureau of Economic Research.

Cineca (2026). *Bilancio d'esercizio 2025*.

Cineca (2025). *Cineca HPC Report 2024-25*.

Comitato scientifico per la valutazione dell'impatto economico degli interventi del Piano Transizione 4.0. (2024). *Gli incentivi in investimenti 4.0: Una valutazione dell'impatto della misura*. Ministero dell'Economia e delle Finanze, Banca d'Italia & Ministero delle Imprese e del Made in Italy.

Cullen, Z. B., Faia, E., Guglielminetti, E., Perez-Truglia, R., & Rondinelli, C. (2025). *The innovation race: Experimental evidence on advanced technologies* (NBER Working Paper No. 34532; revised February 2026). National Bureau of Economic Research.

Dalla Zuanna, A., Dottori, D., Gentili, E. & Lattanzio, S. (2024). *An assessment of occupational exposure to artificial intelligence in Italy*. Questioni di Economia e Finanza (Occasional Papers), 878, Banca d'Italia.

European Commission. (2021). *Innovation procurement: The power of the public purse – EU funded projects in the ICT domain*. Publications Office of the European Union.

Eurostat. (2026). *Artificial intelligence by size class of enterprise* (Dataset). Eurostat Database.

Fang, L., Yuan, Z., Zhang, K., Donati, D., & Sarvary, M. (2025). *Generative AI and firm productivity: Field experiments in online retail*. Columbia Business School Research Paper No. 5584850.

Filippucci, F., Gal, P., Laengle, K., & Schief, M. (2025). *Macroeconomic productivity gains from artificial intelligence in G7 economies* (OECD Artificial Intelligence Papers, No. 41). OECD Publishing.

Fonteneau, F., Mollins, J., Marchi, S., Russo, L., Gentaz, A., Daoud, M., & André, A.-A. (2025). *Advancing the measurement of investments in artificial intelligence* (OECD Artificial Intelligence Papers No. 47). OECD Publishing.

Gambacorta, L., Qiu, H., Shan, S., & Rees, D. M. (2024). *Generative AI and labour productivity: A field experiment on coding* (BIS Working Papers No. 1208). Bank for International Settlements.

Gans, J. S., & Goldfarb, A. (2026). *O-ring automation* (NBER Working Paper No. 34639). National Bureau of Economic Research.

Gordon, R. J. (2012). *Is U.S. economic growth over? Faltering innovation confronts the six headwinds* (NBER Working Paper No. 18315). National Bureau of Economic Research.

Government of Singapore. (2023). *National AI Strategy 2.0: AI for the public good, for Singapore and the world*. Government of Singapore.

ISTAT. (2025). *Imprese e ICT – Anno 2025*. ISTAT.

Jones, C. I. (2026). *A.I. and our economic future* (NBER Working Paper No. 34779). National Bureau of Economic Research.

Jorgenson, D. W., Ho, M. S., & Stiroh, K. J. (2008). *A retrospective look at the U.S. productivity growth resurgence*. *Journal of Economic Perspectives*, 22(1), 3–24.

Kremer, M. (1993). *The O-ring theory of economic development*. *The Quarterly Journal of Economics*, 108(3), 551–575.

McElheran, K., Yang, M.-J., Kroff, Z., & Brynjolfsson, E. (2026). *The adoption of industrial AI in America*. *AEA Papers and Proceedings*, 116, 20–25.

Morisson, A., & Pattinson, M. (2019). *Industry 4.0* (Policy Brief). Lille: Interreg Europe Policy Learning Platform.

- Noy, S., & Zhang, W. (2023). *Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence*. *Science*, 381(6654), 187–192.
- OECD. (2021). *The Digital Transformation of SMEs*. OECD Studies on SMEs and Entrepreneurship, OECD Publishing, Paris.
- OECD. (2025). *OECD input-output tables* (Dataset).
- OECD. (2025). *Progress in implementing the European Union Coordinated Plan on Artificial Intelligence (Volume 1): Member States' Actions*. OECD Publishing, Paris.
- Ropele, T., & Tagliabracchi, A. (2026). *The economic impact of artificial intelligence: Evidence from Italian firms*. *Questioni di Economia e Finanza (Occasional Papers)*, 1005, Banca d'Italia.
- Schivardi, F., & Torrini, R. (2011). *Structural change and human capital in Italy's productive system*. *Giornale degli Economisti*, 70(3).
- Schivardi, F., & Schmitz, T. (2020). *The IT revolution and Southern Europe's two lost decades*. *Journal of the European Economic Association*, 18(5), 2441–2486.
- Singla, A., Sukharevsky, A., Yee, L., Chui, M., & Hall, B. (2025). *The state of AI: How organizations are rewiring to capture value*. QuantumBlack AI by McKinsey.
- StepUp StartUps Consortium. (2025). *Public sector services and the AI opportunity*. European Union.
- Strand Partners. (2025). *Unlocking Singapore's AI potential 2025*. Report preparato per Amazon Web Services (AWS).
- Yotzov, I., Barrero, J. M., Bloom, N., Bunn, P., Davis, S. J., Foster, K. M., Jalca, A., Meyer, B. H., Mizen, P., Navarrete, M. A., Smietanka, P., Thwaites, G., & Wang, B. Z. (2026). *Firm data on AI* (NBER Working Paper No. 34836). National Bureau of Economic Research.

Appendice

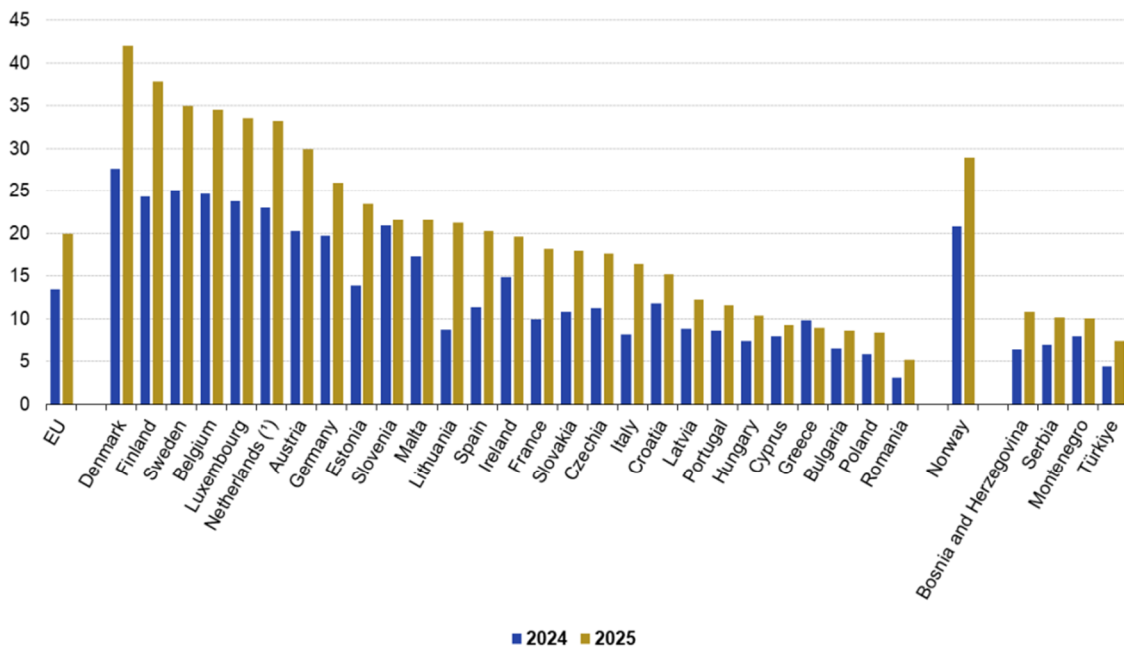
A. Strategie nazionali per l'IA: un confronto internazionale

L'adozione dell'IA nelle imprese è cresciuta a ritmo sostenuto negli ultimi anni al livello globale, ma con marcate differenze tra paesi. Secondo i dati dell'indagine Eurostat sull'utilizzo delle tecnologie ICT nelle imprese, nel 2025 il 20 per cento delle imprese europee con almeno 10 dipendenti ha dichiarato di utilizzare almeno una tecnologia di IA, con valori nazionali che oscillano tra il 42 per cento della Danimarca e il 5 per cento della Romania (Figura A1).

Quantificare gli investimenti pubblici nell'IA è difficile perché non esistono dati standardizzati e comparabili tra i paesi⁴⁷. Sulla base di alcune stime elaborate dall'OECD, la Tavola A1 propone un confronto internazionale degli investimenti pubblici complessivi effettuati nel 2023, ultimo anno disponibile, sia in valore assoluto sia in rapporto al PIL dello stesso anno. Solo in pochi paesi di piccole dimensioni la spesa supera lo 0,5 per cento del PIL.

Figura A1: Imprese con almeno 10 addetti che usano tecnologie di IA

Enterprises using AI technologies, 2024 and 2025
(% of enterprises)



(*) 2025: Break in the time series.

Source: Eurostat (online data code: isoc_eb_ai)

eurostat 

⁴⁷ Alcuni numeri riflettono spese effettive, mentre altri rappresentano impegni non vincolanti, allocazioni di bilancio o piani politici pluriennali. Inoltre, i dati sugli investimenti nell'IA spesso mescolano ambiti diversi: in alcuni casi includono soltanto la ricerca e sviluppo, mentre in altri comprendono utilizzi più ampi, tra cui la difesa.

Tavola A1: Confronto internazionale degli investimenti in AI

	Investimenti pubblici in AI 2023 (milioni €)	Investimenti/PIL
Austria	2.166,8	0,46%
Belgio	3.188,95	0,56%
Bulgaria	105,54	0,11%
Canada	6.460,67	0,32%
Cipro	134,11	0,42%
Croazia	410,46	0,52%
Danimarca	2.201,49	0,59%
Estonia	352,5	0,94%
Finlandia	1.789,63	0,65%
Francia	8.401,43	0,30%
Germania	18.891,77	0,45%
Grecia	1.098,94	0,49%
Irlanda	1.794,35	0,34%
Italia	5.235,3	0,25%
Lettonia	167,71	0,42%
Lituania	631,67	0,87%
Lussemburgo	64,61	0,08%
Malta	67,94	0,32%
Paesi Bassi	6.601,33	0,63%
Polonia	5.886,32	0,78%
Portogallo	942,08	0,35%
Repubblica Ceca	438,67	0,14%
Romania	2.031,29	0,63%
Slovacchia	421,17	0,34%
Slovenia	10,46	0,02%
Spagna	3.047,11	0,20%
Svezia	2.244,74	0,42%
UK	6.221,00	0,20%
Ungheria	696,84	0,35%
US	55.288,79	0,22%

Nota: Gli investimenti pubblici complessivi sull'IA del 2023 sono stati stimati dall'OECD attraverso una metodologia sperimentale⁴⁸ (Measuring AI investment); il PIL nominale annuale del 2023, utilizzato nel rapporto, è stato ricavato dai dati Eurostat (Gross domestic product at market prices) per gli Stati membri dell'UE, e dai dati della Banca Mondiale (World Bank Group - GDP) per gli altri. Il PIL di questi ultimi, originariamente espresso in USD, è stato convertito in EUR utilizzando il tasso di cambio medio del 2023 fornito da Exchange-rates.org

Di seguito si propone una breve e non esaustiva analisi degli strumenti di policy adottati per sostenere la diffusione dell'IA nelle imprese in alcuni paesi selezionati: i principali paesi europei, i due paesi scandinavi che guidano la classifica europea dei tassi di adozione e alcuni paesi extra-UE che si distinguono nel panorama globale dell'IA.

⁴⁸ Cfr. Fonteneau et al. (2025).

Danimarca

All'interno dell'UE la Danimarca presenta i livelli più elevati di adozione dell'IA nelle imprese. Questo risultato si inserisce in un contesto caratterizzato da un'elevata digitalizzazione dei processi produttivi⁴⁹ e da un impianto di governance fortemente coordinato.

L'approccio danese all'IA si basa su quattro iniziative principali, in linea con i principi guida individuati dalla strategia nazionale del 2024⁵⁰. Il primo pilastro consiste nel favorire un impiego massiccio e trasformativo dell'IA all'interno della pubblica amministrazione. A tale scopo è stata istituita la Digital Artificial Intelligence Taskforce⁵¹, con lo scopo di rimuovere ostacoli organizzativi, tecnici e giuridici e di favorire il riuso su larga scala di soluzioni di IA nel settore pubblico. Un secondo pilastro è il rafforzamento dell'ecosistema di ricerca, anche con l'istituzione del Centre for Artificial Intelligence in Society, un nuovo centro di ricerca avente l'obiettivo di indirizzare il paese verso un uso responsabile dell'IA. Il terzo pilastro della strategia consiste nella creazione di una piattaforma per lo sviluppo di modelli linguistici danesi sicuri e trasparenti, a fondamento delle soluzioni di IA che verranno adottate dalle imprese nazionali⁵². Un'ultima direzione strategica è la condivisione di collezioni di dati pubblici di alta qualità per agevolare lo sviluppo di applicazioni di IA.

Particolare attenzione è rivolta al sostegno delle PMI con strumenti per la digitalizzazione⁵³ e programmi di accompagnamento. Il Digital Innovation Hub AI-Boost offre servizi di valutazione, consulenza e test-before-invest rivolti a PMI e organizzazioni pubbliche che vogliono iniziare a usare l'IA. Parallelamente, l'Export and Investment Fund (EIFO) of Denmark supporta l'accesso al credito per progetti di digitalizzazione e applicazione dell'AI nelle PMI. Inoltre, a partire dal 2024 sono state progressivamente attivate delle sandbox regolatorie per agevolare la conformità al GDPR e all'AI Act europeo nello sviluppo di soluzioni di IA.

Il quadro delle politiche è completato da numerosi progetti settoriali guidati da organizzazioni pubbliche, finalizzati allo sviluppo e all'implementazione di soluzioni basate sull'intelligenza artificiale in ambiti considerati prioritari, tra cui la sanità, l'agricoltura e la sostenibilità ambientale⁵⁴.

Finlandia

La Finlandia è stato uno dei primi paesi europei a dotarsi di una strategia nazionale sull'intelligenza artificiale già nel 2017. A partire dal 2020 il governo ha avviato il programma Artificial Intelligence 4.0, focalizzato sulla diffusione dell'IA nelle imprese industriali, in particolare nelle PMI, nel quadro della transizione digitale e verde. Il governo ha delineato un approccio integrato che mira innanzitutto a rafforzare la competitività delle imprese attraverso l'uso diffuso delle tecnologie intelligenti, promuovendo al contempo un utilizzo esteso e

⁴⁹ Tra i Paesi membri dell'UE, nel 2025 la Danimarca era al secondo posto dopo la Finlandia per diffusione di un livello di digitalizzazione almeno elementare tra le piccole e medie imprese: 92,45 per cento delle PMI con almeno 10 dipendenti. Cfr. Eurostat 2025, *Digital Intensity by size class of enterprise*.

⁵⁰ La strategia prioritizza un uso della tecnologia etico e responsabile, finalizzato al benessere dei cittadini, al funzionamento del settore pubblico e alla competitività delle imprese danesi. Cfr. *Strategic Approach to Artificial Intelligence*, dicembre 2024. L'OCSE stima un budget annuale superiore a 4,4 miliardi di euro. Cfr. The OECD.AI Policy Navigator, *Overarching National AI Strategy*, dicembre 2025.

⁵¹ Tra gli obiettivi dell'iniziativa vi è la liberazione, entro il 2035, di almeno 50 milioni di ore di lavoro nella PA. Cfr. Task Force for Artificial Intelligence, *More time for what truly matters: vision for the roll-out and use of artificial intelligence in the public sector*, giugno 2025.

⁵² Cfr. University of Copenhagen, *Ministry of Digital Affairs grants a total of 30.7 Million DDK to ambitious Danish language model project*, dicembre 2024. La cifra corrisponde a circa 4 milioni di euro.

⁵³ Il programma SMV:Digital, operativo dal 2018, offre alle PMI contributi per consulenza, investimenti tecnologici e sperimentazione robotica e ha sostenuto, tra il 2018 e il 2025, oltre 7.000 progetti di trasformazione digitale.

⁵⁴ Alcuni esempi dell'applicazione dell'IA sono: nella pubblica amministrazione, automazione di pratiche burocratiche, analisi dei dati demografici, assistenti virtuali per i cittadini; nella sanità: diagnostica assistita, analisi dati epidemiologici (CAI-X, RAIT); nell'agricoltura: ottimizzazione delle coltivazioni, uso efficiente di fertilizzanti e acqua, sistemi predittivi per raccolti; per l'ambiente: monitoraggio emissioni, gestione risorse naturali, sistemi predittivi per rischio inondazioni.

trasversale dei dati in tutti i settori. In questo quadro, particolare attenzione è riservata alla rimozione delle barriere all'adozione, con l'obiettivo di rendere l'intelligenza artificiale rapidamente accessibile anche alle PMI, e al rafforzamento del capitale umano, attraverso sia la formazione di competenze avanzate sia l'attrazione di talenti internazionali. L'intervento pubblico a sostegno delle PMI si concentra su un'infrastruttura diffusa di competenze, piattaforme e collaborazioni, più che su sussidi diretti. Il Finnish Center for Artificial Intelligence agisce come hub nazionale di competenze, collegando università, centri di ricerca e imprese e favorendo il trasferimento tecnologico verso il tessuto produttivo. Parallelamente, la Finlandia ha investito in modo sistematico in infrastrutture di calcolo, consentendo a imprese, startup e centri di ricerca di accedere a capacità computazionali di alto livello per sviluppare, testare e scalare soluzioni basate su IA: il supercomputer LUMI, operativo dal 2022 e tra i più potenti in Europa, rappresenta il fulcro di questo ecosistema⁵⁵.

La strategia si caratterizza inoltre per una chiara propensione a sostenere investimenti pubblici e privati di ampia scala e per l'ambizione di utilizzare l'IA come leva di modernizzazione del settore pubblico, con l'obiettivo di sviluppare servizi avanzati. A questo si affianca una forte enfasi sulla collaborazione tra attori pubblici e privati e sulla creazione di nuovi modelli di cooperazione tra ricerca, imprese e istituzioni.

Germania

La strategia tedesca per l'IA si è sviluppata in continuità con il più ampio programma Industria 4.0⁵⁶ che, a partire dal 2011, ha posto al centro la digitalizzazione dei processi manifatturieri, l'interoperabilità dei sistemi e il trasferimento tecnologico. L'approccio adottato è incentrato sulla creazione di infrastrutture condivise, sullo sviluppo di competenze e sulla definizione di standard e architetture di riferimento comuni, più che su incentivi finanziari diretti alle imprese. In questo contesto si è innestata la strategia nazionale per l'intelligenza artificiale, con una dotazione iniziale di 3 miliardi di euro, poi elevata a 5 miliardi. La strategia è articolata lungo aree di intervento che comprendono talenti, ricerca, trasferimento tecnologico e applicazioni, mondo del lavoro, quadro regolatorio e società.⁵⁷ L'aggiornamento del 2020 ha inoltre integrato le priorità di sostenibilità ambientale e rafforzato l'orientamento alla cooperazione europea e internazionale.

Un tratto distintivo dell'impostazione tedesca è il rilievo attribuito al trasferimento tecnologico. La diffusione dell'IA nel tessuto produttivo si è appoggiata a una rete di strutture istituzionali già esistenti. La Plattform Industrie 4.0⁵⁸ svolge un ruolo di coordinamento nella definizione di standard, architetture di riferimento e casi d'uso che facilitano l'integrazione dell'IA nei sistemi produttivi esistenti. Parallelamente, la rete dei Fraunhofer Institutes e il German Research Centre for Artificial Intelligence operano come intermediari tra ricerca e imprese, sviluppando soluzioni applicate e accompagnando le aziende nella formalizzazione e riorganizzazione dei processi prima dell'automazione.

Sul versante delle PMI, la Germania ha affiancato a queste strutture strumenti di accompagnamento più direttamente orientati all'adozione. Il programma Mittelstand-Digital⁵⁹, che fornisce servizi di orientamento, dimostrazione e supporto operativo, dal 2024 ha accentuato l'attenzione ai temi dell'IA. A ciò si sono aggiunti programmi mirati come KI4KMU e Generative AI for SMEs, che cofinanziano iniziative applicative guidate

⁵⁵ Il governo finlandese ha ulteriormente rafforzato questo asset con impegni finanziari rilevanti, tra cui un contributo fino a 250 milioni di euro per l'aggiornamento delle infrastrutture HPC e lo sviluppo della futura LUMI AI Factory, in collaborazione con l'iniziativa EuroHPC. Cfr. *Finnish Government, Ministry of Education and Culture*, "New supercomputer to be located in Kajaani – Finland gains stronger role in AI research", dicembre 2024.

⁵⁶ Cfr. Plattform Industrie 4.0, "What is Industrie 4.0?"

⁵⁷ Cfr. Bundesregierung, "Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung", 2018; Bundesregierung, "Artificial Intelligence Strategy of the German Federal Government", 2020; OECD, "OECD Artificial Intelligence Review of Germany", 2024.

⁵⁸ Cfr. Plattform Industrie 4.0, "What is the Plattform Industrie 4.0?"

⁵⁹ Cfr. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, "Mittelstand-Digital" e "Accompanying and Ex-post Evaluation of the Funding Priority "Mittelstand-Digital".

da PMI in diversi ambiti produttivi. Gli AI Studios offrono inoltre percorsi di apprendimento accessibili e dimostratori pratici rivolti ai lavoratori e alle imprese⁶⁰.

Agli interventi della strategia volti a favorire trasferimento e diffusione tecnologica si sono affiancate misure sui fattori abilitanti, in particolare capacità di calcolo, dati e certezza normativa. Nel quadro europeo delle AI Factories, la Germania ospita HammerHAI e la JUPITER AI Factory, destinate a mettere a disposizione di imprese e ricerca infrastrutture avanzate e servizi per lo sviluppo di applicazioni di IA.⁶¹ In parallelo, la Strategia nazionale sui data center⁶² del 2026 ha fissato l'obiettivo di raddoppiare entro il 2030 la capacità complessiva dei data center in Germania e di quadruplicare quella destinata a HPC e IA, anche nel quadro del rafforzamento della sovranità digitale. La Nationale Datenstrategie⁶³, aggiornata nel 2023, ha ricondotto entro un quadro unitario iniziative volte ad ampliare disponibilità, qualità e riuso dei dati, anche attraverso la creazione di spazi dati settoriali. In ambito manifatturiero, Manufacturing-X⁶⁴ rappresenta il principale esempio di questa impostazione; il programma dispone di una dotazione di 150 milioni di euro ed è volto a facilitare la condivisione federata dei dati e a sostenere applicazioni digitali avanzate lungo le filiere.

Spagna

La strategia spagnola per l'IA è stata avviata nel 2020 con la prima Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial (ENIA), aggiornata nel 2024 da una nuova strategia nazionale dotata di 1,5 miliardi di euro, che definisce le priorità operative per il biennio 2024-2025.⁶⁵ L'approccio spagnolo si distingue per una forte integrazione tra strumenti di diffusione della digitalizzazione di base e interventi più avanzati sull'intelligenza artificiale, con particolare attenzione al tessuto delle PMI.

In questo contesto, uno dei principali vettori di diffusione dell'IA tra le imprese è rappresentato dal programma Kit Digital, concepito inizialmente per sostenere la digitalizzazione di base delle PMI attraverso *voucher* destinati all'acquisto di soluzioni tecnologiche. La progressiva estensione del catalogo delle tecnologie ammissibili alle applicazioni di intelligenza artificiale ha trasformato questo strumento in un meccanismo di accompagnamento, capace di collegare le fasi iniziali della trasformazione digitale con l'adozione di tecnologie più avanzate.

A complemento di questa iniziativa, il programma Kit Consulting è finalizzato a sostenere le PMI nell'accesso a servizi di consulenza specialistica su progetti di trasformazione digitale⁶⁶. Analogamente, il Next Tech Fund, finalizzato alla mobilitazione di capitali a sostegno di startup e imprese tecnologiche.

⁶⁰ Il progetto è stato finanziato con circa 4 milioni di euro. Cfr., Fraunhofer, *Opening of AI Studios Stuttgart: Hands-on workshop experiences*, febbraio 2024.

⁶¹ HammerHAI è la prima AI Factory tedesca, coordinata dall'High-Performance Computing Center dell'Università di Stoccarda, con un budget complessivo di circa 85 milioni di euro. Il progetto prevede l'installazione di un nuovo supercalcolatore ottimizzato per l'IA, previsto in funzione nel corso del 2026, e nella fase transitoria offre già accesso a capacità di calcolo AI, servizi di inferenza su modelli linguistici e supporto tecnico a PMI e ricercatori. La JUPITER AI Factory (JAIF) è stata istituita nel marzo 2025 ed è collegata al primo supercomputer exascale d'Europa presso il Forschungszentrum Jülich, offrendo a PMI e ricercatori capacità di calcolo avanzate. Cfr. EuroHPC Joint Undertaking, 'AI Factories – Germany'.

⁶² Bundesregierung, "Rechenzentrumsstrategie", 2026

⁶³ Bundesministerium des Innern und für Heimat, "Nationale Datenstrategie", 2023.

⁶⁴ Plattform Industrie 4.0, "Manufacturing-X".

⁶⁵ Al momento della redazione non risulta pubblicata una nuova strategia AI complessiva per il periodo successivo. Il governo ha nel frattempo annunciato lo sviluppo di un nuovo quadro di trasformazione digitale della pubblica amministrazione per il periodo 2026-2030, e ha stanziato 40 milioni di euro per il sostegno all'adozione dell'IA nelle PMI. Cfr. rispettivamente Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública, comunicato stampa del 17 settembre 2025 e comunicato stampa del 17 marzo 2026, disponibili su digital.gob.es.

⁶⁶ Pur non essendo programmi specificamente dedicati all'IA, il loro impatto è rilevante per ampiezza della platea coinvolta e per la capacità di abbattere barriere di accesso legate ai costi iniziali e mancanza di competenze interne. In tre anni Kit Digital ha coinvolto 860.000 imprese, erogando più di 3,4 miliardi di euro.

Particolarmente rilevante è anche l'attenzione alla dimensione regolatoria. La Spagna ha avviato nel 2025 una regulatory sandbox per sistemi di IA ad alto rischio, costituendo uno dei primi esempi operativi in Europa⁶⁷.

Infine, il quadro è completato da investimenti in infrastrutture e progetti strategici, tra cui il rafforzamento delle capacità di supercalcolo⁶⁸ e lo sviluppo di modelli linguistici nazionali in spagnolo e nelle lingue co-ufficiali, allineati agli standard di trasparenza e responsabilità previsti dal quadro regolatorio europeo e utilizzabili liberamente da imprese e pubblica amministrazione per lo sviluppo di applicazioni di IA affidabili⁶⁹.

Francia

La politica francese sull'intelligenza artificiale è integrata nel piano di investimenti France 2030, orientato a rafforzare sovranità tecnologica e competitività industriale. La strategia combina il sostegno alla ricerca di frontiera con la diffusione applicativa delle tecnologie, individuando nello sviluppo di supercomputer, data center e infrastrutture cloud nazionali alcune priorità centrali. Un elemento distintivo del modello francese è la forte enfasi sulle infrastrutture e sull'autonomia tecnologica. Nel 2025 il governo ha annunciato un piano per mobilitare 109 miliardi di euro di investimenti⁷⁰, in gran parte privati, per lo sviluppo dell'IA, con particolare attenzione alla costruzione di data center e capacità computazionali avanzate. Questo intervento riflette una strategia orientata a rafforzare l'intera filiera tecnologica, dall'hardware ai modelli, e a posizionare la Francia come hub europeo per l'IA, anche grazie al ruolo di grandi gruppi industriali e operatori infrastrutturali. Sul fronte dell'ecosistema della ricerca e dell'innovazione, il piano ha istituito nove AI Clusters⁷¹, poli interdisciplinari che collegano startup, università, enti di ricerca e industria per sviluppare ambiti strategici, tra cui l'IA generativa e la governance responsabile dell'IA.

Per favorire la diffusione dell'IA tra le imprese, e in particolare tra le PMI, la Francia ha introdotto programmi mirati di accompagnamento all'adozione. Il programma IA Booster, gestito da Bpifrance, sostiene le imprese lungo l'intero percorso di integrazione della tecnologia, dalla valutazione dei casi d'uso alla sperimentazione pilota, con sovvenzioni fino all'80 per cento dei costi di consulenza⁷². Nel 2025 è stato inoltre lanciato Osez l'IA, iniziativa nazionale che combina attività di sensibilizzazione territoriale, sviluppo delle competenze attraverso una piattaforma di formazione digitale e supporto operativo all'implementazione mediante diagnosi sovvenzionate e un catalogo di soluzioni applicative pronte all'uso.

Stati Uniti

La strategia degli Stati Uniti sull'IA si distingue nettamente dai modelli europei in quanto il ruolo dello Stato è prevalentemente quello di abilitatore e coordinatore piuttosto che di attore diretto nella diffusione della tecnologia. Il paese rappresenta oggi il principale polo globale dell'IA, grazie a un ecosistema caratterizzato da una concentrazione unica di capitale di rischio, grandi imprese tecnologiche, infrastrutture digitali e centri di ricerca di eccellenza. L'approccio del governo statunitense combina ingenti finanziamenti pubblici alla

⁶⁷ La prima call ha portato alla selezione di 12 sistemi di IA ad alto rischio. Cfr. Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública, *Government launches EU's first test environment to ensure accountability for AI systems*, aprile 2025.

⁶⁸ La strategia prevede un investimento di 90 milioni di euro per il potenziamento del supercomputer MareNostrum, il quale prevede l'avvio di un'offerta di supporto all'accesso per le industrie. Cfr. La Moncloa, *The Government of Spain approves the Artificial Intelligence Strategy 2024*, maggio 2024.

⁶⁹ La famiglia di modelli ALIA è stata rilasciata nel 2025, dopo verifica della Spanish Agency for the Supervision of Artificial Intelligence. Cfr. European Commission, Open Source Observatory (OSOR), *Spanish Government promotes open access to its ALIA AI models*, aprile 2025.

⁷⁰ L'orizzonte temporale esatto non è stato specificato. Cfr. Présidence de la République française, *Faire de la France une puissance de l'IA*, Élysée, 11 febbraio 2025.

⁷¹ Cfr. Inria, *AI Programme*, febbraio 2026.

⁷² Cfr. Présidence de la République française, *"Lancement des clusters IA"*, Élysée, 21 mai 2024.

ricerca⁷³ e alla produzione domestica di semiconduttori specializzati con una regolamentazione molto leggera⁷⁴.

Un elemento chiave della strategia statunitense è rappresentato dagli investimenti in infrastrutture tecnologiche critiche. In questo ambito si colloca il CHIPS and Science Act, volto a rafforzare la produzione nazionale di semiconduttori e sviluppare un ecosistema industriale avanzato, cruciale anche per l'addestramento dei modelli di IA e per lo sviluppo di data center di nuova generazione.

Le politiche di sostegno diretto alle imprese risultano meno strutturate e meno centralizzate. Per favorire la trasformazione della ricerca in prodotti e servizi commercializzabili, la National Science Foundation, attraverso i programmi SBIR e STTR, finanzia progetti basati sull'IA di piccole imprese tecnologiche⁷⁵. In aggiunta, sono in discussione in Congresso l'AI for Main Street Act e l'AI-WISE Act, atti approvati dalla Camera nel gennaio 2026, che affiderebbero alla Small Business Administration il compito di fornire assistenza diretta alle piccole imprese nell'adozione dell'IA, potenziando formazione e consulenza attraverso la rete nazionale dei Small Business Development Centers.

Cina

Il Piano Nazionale per la Nuova Generazione di Intelligenza Artificiale, delineato nel 2017, individua obiettivi e priorità strategiche per costruire un ecosistema completo e integrato, in cui innovazione tecnologica, industria e governance procedano in modo coordinato. Tra gli asset strategici si ritrovano la ricerca di frontiera, sia in modelli di base che in applicazioni, per cui già nel 2018 la spesa cinese era stimata tra 1,7 e 5,7 miliardi di dollari⁷⁶; ma anche l'ampliamento della propria capacità di calcolo, attraverso la creazione di infrastrutture dedicate.

Annunciata nel 2024 e formalizzata con un piano operativo nell'agosto 2025, l'iniziativa AI plus è volta a diffondere l'IA nell'economia e nella società cinese, puntando penetrazione di terminali intelligenti di nuova generazione e agenti AI superiore al 70 per cento entro il 2027 e al 90 per cento entro il 2030. A sostegno di questi obiettivi, nel 2025 è stato annunciato il National AI Industry Investment Fund, un fondo di circa 8,2 miliardi di dollari⁷⁷, che prevede diversi strumenti di sostegno alle imprese: risorse di calcolo gratuite o sovvenzionate, accesso anticipato ai modelli di IA e finanziamenti per grandi progetti di ricerca, con l'obiettivo di incentivare le imprese a sperimentare e innovare. Nella fase iniziale, le risorse sono destinate a colmare lacune critiche nell'ecosistema dell'IA, con priorità alle aziende di progettazione di chip e ai produttori di semiconduttori⁷⁸, a finanziare la creazione di infrastrutture e alla diffusione di tecnologie abilitanti per ampliare la capacità operativa e ridurre la dipendenza da piattaforme straniere. Successivamente l'attenzione si sposta verso le applicazioni e la commercializzazione, mettendo a disposizione capitali per la crescita di imprese che

⁷³ Il budget del 2025 dedicato alla ricerca e sviluppo dell'IA nel settore della difesa ammontava a circa 3,5 miliardi di dollari. Cfr. Federal Budget IQ, *Federal AI and IT Research and Development Spending Analysis*, gennaio 2025. Tra il 2013 e il 2023 la spesa pubblica su contratti legati all'IA ammontava complessivamente a 5,23 miliardi di dollari, di cui il 75% afferenti al Dipartimento della Difesa Cfr. *Stanford Artificial Intelligence Index Report 2025*.

⁷⁴ A gennaio 2025, la nuova amministrazione Trump ha revocato il decreto esecutivo Biden del 2023 sull'IA (Safe, Secure, and Trustworthy Development and Use of AI, EO 14110) e ha firmato l'EO 14179 (Removing Barriers to American Leadership in Artificial Intelligence), che riorienta esplicitamente la politica federale verso la deregolazione e la 'dominanza globale' degli Stati Uniti nell'IA. A luglio dello stesso anno, la Casa Bianca ha pubblicato l'AI Action Plan, articolato su tre assi: deregolazione e accelerazione dell'innovazione privata, costruzione di infrastrutture computazionali nazionali, e promozione della leadership americana sull'IA in chiave geopolitica. A fine 2025, un ulteriore decreto esecutivo (Ensuring a National Policy Framework for Artificial Intelligence) ha esteso l'impostazione deregolatoria anche nei confronti delle normative statali sull'IA, con l'obiettivo di creare un unico quadro federale 'minimally burdensome'.

⁷⁵ Cfr. America's Seed Fund.

⁷⁶ Sebbene sia difficile verificare con precisione tali stime, alcuni studi suggeriscono che la spesa reale fosse più vicina al limite superiore dell'intervallo e che sia aumentata ulteriormente negli anni successivi. Cfr. Ashwin Acharya and Zachary Arnold, *Chinese Public AI R&D Spending: Provisional Findings*, 2019

⁷⁷ China Daily, *China sets up 60 billion yuan investment fund to accelerate AI innovations*.

⁷⁸ Entrepreneur loop, *China's 60 Billion Yuan AI Investment Fund Signals Global Tech Ambitions*, febbraio 2026.

sviluppano soluzioni di IA. Il fondo individua alcuni settori prioritari: semiconduttori, sistemi di guida autonoma e sanità. Altri settori strategici comprendono la manifattura intelligente, i servizi finanziari, le tecnologie per l'agricoltura e le piattaforme educative.

Regno Unito

Il Regno Unito possiede un mercato domestico dell'IA tra i più grandi al mondo, beneficiando di forti investimenti privati in tecnologie e startup. L'adozione dell'IA nelle imprese è sostenuta da politiche storicamente orientate alla sperimentazione e a una regolamentazione relativamente leggera.

La UK Compute Roadmap, pubblicata nel 2025, prevede un impegno fino a 2 miliardi di sterline entro il 2030 per costruire un ecosistema pubblico di capacità di calcolo⁷⁹. Accanto alle infrastrutture, un secondo asse di intervento riguarda l'accesso ai dati e alle risorse informative. In questa direzione si collocano iniziative come la National Data Library, che mira a valorizzare e rendere accessibili dataset pubblici strategici, rafforzando le condizioni per lo sviluppo di applicazioni basate su dati.

Sul fronte della diffusione nelle imprese, l'approccio del Regno Unito integra l'IA all'interno di una più ampia agenda di digitalizzazione e sviluppo delle competenze: il Flexible AI Upskilling Fund, sperimentato nel 2024, ha sovvenzionato fino al 50 per cento dei costi di formazione per le PMI nel settore dei servizi professionali⁸⁰; BridgeAI, lanciato nel 2023 con una dotazione di circa 100 milioni di sterline, sostiene l'adozione dell'IA in settori ancora poco digitalizzati ma ad alta crescita, come l'agroalimentare, le costruzioni, le industrie creative e i trasporti e la logistica. Il programma combina sovvenzioni, *mentoring* tecnico, collaborazioni guidate da sfide e attività di incontro tra PMI e fornitori attraverso bandi periodici⁸¹.

Singapore

Singapore si è affermato come uno dei paesi più dinamici nel contesto dell'IA, grazie a significativi investimenti privati e pubblici, un solido livello iniziale di digitalizzazione delle imprese e ad un ampio portafoglio di policy, favorito da una governance centralizzata, una elevata capacità fiscale e amministrativa e un approccio regolatorio orientato all'innovazione. La National AI Strategy 2.0 (NAIS 2.0), lanciata nel dicembre 2023, ha pianificato gli investimenti dei successivi cinque anni in risorse di calcolo ad alta prestazione, sviluppo del talento, applicazioni di IA nella ricerca scientifica e alla crescita industriale⁸² (Government of Singapore, 2023). Il National AI Research and Development Plan (NAIRD) è lo strumento finalizzato al rafforzamento della ricerca pubblica per il periodo 2025-2030⁸³.

⁷⁹ Il piano destina oltre 1 miliardo di sterline all'espansione di venti volte della AI Research Resource e fino a 750 milioni di sterline per un nuovo supercomputer nazionale a Edimburgo. Il governo ha inoltre lanciato le *AI Growth Zones* per attrarre investimenti privati in data center abilitati all'IA. Cfr. Department for Science, Innovation & Technology, *UK Compute Roadmap*, luglio 2025.

⁸⁰ Cfr. Department for Science, Innovation & Technology, *AI Upskilling Fund*, agosto 2024.

⁸¹ Cfr. Innovate UK, *BridgeAI*.

⁸² NAIS 2.0 prevede un investimento complessivo di oltre un miliardo di dollari singaporiani. Cfr. Ministry of Digital Development and Information, *Artificial Intelligence (AI) initiatives launched to uplift Singapore's economic potential*.

⁸³ Cfr. Ministry of Digital Development and Information, *Singapore Invests Over S\$1 billion in National AI Research and Development Plan to Strengthen AI Research Capabilities and Our Position as Global AI Hub*. I finanziamenti del NAIRD si inseriscono tra gli ingenti investimenti previsti per il quinquennio 2026-2030 nel quadro del Research, Innovation and Enterprise plan (RIE), il piano di finanziamento pubblico alla R&S, nel quale è incluso anche un programma specifico per il settore dei semiconduttori. Cfr. NRF Singapore, *Research, Innovation and Enterprise 2030*.

Il Productivity Solutions Grant (PSG) lanciato nel 2018 e rinnovato ripetutamente è il principale veicolo di sussidio diretto per l'adozione di soluzioni digitali e AI certificate⁸⁴. Parallelamente, l'iniziativa AI Trailblazers, lanciata nel 2023, offre alle PMI supporto tecnico e accesso a strumenti di IA avanzati per accompagnare le aziende nello sviluppo rapido di casi d'uso concreti e abbattere le barriere d'ingresso. Per ridurre il rischio iniziale di investimento nei casi applicativi più complessi e innovativi, le aziende possono aderire al programma AI Singapore 100 Experiments, che ha già supportato lo sviluppo di oltre 300 progetti pilota⁸⁵. Inoltre, il governo ha avviato programmi in partnership con i principali hyperscaler globali⁸⁶, attraverso i quali le imprese beneficiano di risorse e competenze a costi ridotti. Con l'obiettivo più ampio di incentivare la digitalizzazione delle PMI, Singapore ha creato nel 2017 la piattaforma SMEs Go Digital, che integra strumenti diversi, come *roadmap* settoriali e accesso a servizi di consulenza e a soluzioni digitali pre-approvate⁸⁷, spesso co-finanziate mediante il PSG. Nell'ambito del programma Smart Nation 2.0, lanciato nel 2024, il governo intende operare attivamente come *early adopter* dell'IA, facendo leva sulla diffusione della tecnologia nella Pubblica Amministrazione come forma di procurement strategico orientato all'innovazione.

Parallelamente, per far fronte a una carenza strutturale di competenze specialistiche e diffuse in materia di IA, Singapore ha avviato iniziative volte a rafforzare la formazione interna, attrarre talenti internazionali e riqualificare la forza lavoro. In questo quadro, il programma TechSkills Accelerator sostiene l'acquisizione di competenze digitali e IA da parte di professionisti ICT e lavoratori in transizione, anche attraverso percorsi di formazione e inserimento in ruoli tecnologici. Le più recenti iniziative del National AI Impact Programme, mirano a diffondere competenze di utilizzo dell'IA anche tra lavoratori non-ICT, con l'obiettivo di formare 100.000 professionisti non-tech "AI bilingual" entro il 2029⁸⁸.

⁸⁴ Il PSG copre fino al 50% dei costi ammissibili, tra cui acquisto di software pre-approvati, componenti hardware, servizi di consulenza collegati all'implementazione, con un tetto massimo per impresa su un periodo pluriennale. Cfr. Enterprise Singapore, *Productivity Solutions Grant*.

⁸⁵ Le organizzazioni partecipanti propongono casi d'uso concreti e vengono affiancate nello sviluppo da team dedicati di ingegneri e ricercatori per cicli progettuali di tre o sei mesi, rispettivamente per proof-of-concept o minimum-viable-product, ricevendo un finanziamento. Cfr. AI Singapore, *100 Experiments*.

⁸⁶ E' il caso del Google Cloud e DISG AI Cloud Takeoff programme, del Microsoft e DISG Agentic AI Accelerator e del AWS e DISG AI Springboard.

⁸⁷ Cfr. SMEs Go Digital Programme.

⁸⁸ Cfr. The Straits Times, *Singapore to train 100,000 AI-savvy workers by 2029*, 2026

B. Infrastrutture di supercalcolo e politiche di accesso

Eni-HPC6

A) Le caratteristiche dell'infrastruttura

Dal 2013 Eni gestisce a Ferrera Erbognone (PV) il Green Data Center (GDC) una struttura ad alta efficienza energetica, dedicata ai sistemi di dati aziendali e al calcolo ad alte prestazioni, sede del supercomputer HPC6⁸⁹. Progettato su base modulare e scalabile, il GDC offre ampi spazi ed elevata potenza energetica per supportare infrastrutture di calcolo ad alte prestazioni, unitamente a una elevata efficienza energetica e a una forte resilienza operativa⁹⁰.

HPC6 è un supercalcolatore avanzato di Eni, tra i primi al mondo, progettato con partner tecnologici e integrato nel GDC con infrastrutture dedicate e software proprietari⁹¹. A pieno regime utilizza fino a circa 10 MW IT di potenza elettrica e raggiunge una capacità computazionale di picco di circa 606 PFlops (606 milioni di miliardi di operazioni al secondo; 477 PFlops costanti nel tempo), posizionandosi al sesto posto nella classifica Top500 di novembre 2025 e al primo tra i sistemi destinati all'impiego industriale.

L'infrastruttura di calcolo ad alte prestazioni di Eni è utilizzata per lo studio di applicazioni energetiche e per progetti di simulazione avanzata. Sebbene progettato principalmente per altri ambiti di utilizzo, HPC6 è in grado di supportare anche applicazioni di IA e machine learning, grazie alla combinazione di circa 14.000 GPU AMD Instinct MI250X⁹², rete di interconnessione a bassa latenza e capacità di storage su larga scala. Uno dei suoi utilizzi sarà affiancare le competenze maturate all'interno di Eni nell'integrazione e nello sviluppo di modelli IA per ottimizzare i diversi ambiti aziendali, tra cui lo sviluppo di applicazioni per aumentare la sicurezza sul lavoro e l'allenamento di Large Language Model proprietari verticalizzati sul settore dell'energia.

B) Applicazioni

L'infrastruttura HPC di Eni è utilizzata sia per attività interne sia per iniziative sperimentali di open innovation, mettendo a disposizione risorse di calcolo a startup, PMI innovative, università e centri di ricerca. Tra le iniziative di open innovation, HPC Call4Innovators (giugno 2025), in collaborazione con AMD, Hewlett Packard Enterprise e Consorzio Cineca, con il supporto di Plug and Play⁹³, ha raccolto 99 candidature da 20 Paesi (circa il 60 per cento dall'Europa, 30 per cento dagli Stati Uniti) e selezionato 10 progetti, di cui quasi la metà italiani, che avranno accesso diretto alle risorse computazionali di HPC6. Inoltre, Eni ha più di 70

⁸⁹ Il GDC è alimentato in parte da un impianto fotovoltaico da 1 MW e in parte dalla centrale elettrica adiacente Enipower; un sistema innovativo di raffreddamento a ventilazione naturale d'aria (c.d. "free-cooling") regola la temperatura, evitando l'uso di condizionatori per oltre il 90 per cento dell'anno. Il supercomputer HPC6 è anche dotato di un sistema di raffreddamento a liquido diretto che permette la dispersione del 96 per cento del calore prodotto dalla macchina. Il GDC ospita i sistemi di elaborazione gestionale e di simulazione scientifica, tra cui il supercomputer HPC6 (2024) che segna la fase più recente di un percorso di sviluppo della capacità di super calcolo aziendale iniziato nel 2013 e che era stato preceduto da HPC4 (2018) e HPC5 (2020), con ripetuti investimenti da parte di Eni.

⁹⁰ Il GDC è stato costruito con criteri in linea con gli standard per il massimo livello di resilienza operativa per un data center.

⁹¹ HPC6 è un'infrastruttura progettata internamente con il contributo tecnologico di Hewlett Packard Enterprise (HPE), Advanced Micro Devices (AMD) e Cray.

⁹² Le GPU della serie AMD Instinct MI250X sono state introdotte nel 2021. Caratterizzate da un'ampia memoria integrata, costituiscono una tecnologia di alta fascia nel calcolo HPC, pur difettando di ottimizzazioni per il calcolo AI, introdotte nelle generazioni AMD successive.

⁹³ Plug and Play, nata in California nel 2006, è una delle più grandi piattaforme di *open innovation* al mondo, attiva in più di 60 città (circa 30 Paesi): connette startup, investitori, grandi aziende, governi e università. Gestisce oltre 125 acceleratori di startup ed è una delle imprese di Venture Capital più attive al mondo.

collaborazioni attive con università e centri di ricerca in tutto il mondo⁹⁴. A queste si affiancano altre iniziative di open innovation, quali Joule, scuola di imprenditorialità, la corporate venture capital Eni Next e il corporate venture builder Eniverse. Gli ambiti principali di applicazione dell'infrastruttura HPC includono analisi geofisiche e modellazione tridimensionale del sottosuolo, fusione a confinamento magnetico⁹⁵, studi sul comportamento della CO₂ nei processi di stoccaggio, ricerca sui materiali innovativi, simulazioni atmosferiche e sviluppo di algoritmi di intelligenza artificiale.

C) Sviluppi futuri

Nei piani strategici per il 2025-28, Eni individua nei data center, alimentati da soluzioni energetiche a basse emissioni, una potenziale area di sviluppo a supporto della crescente domanda legata all'intelligenza artificiale e ai servizi digitali, valorizzando le proprie competenze energetiche e tecnologiche. Nella strategia 2026–30, la tecnologia, incluso il calcolo ad alte prestazioni, riveste un ruolo centrale quale leva abilitante della crescita. Come parte del partenariato tra Italia e Emirati Arabi Uniti, nel 2025 Eni ha avviato delle collaborazioni con alcune società emiratine⁹⁶ per sviluppare data center su larga scala in Italia con capacità IT complessiva di 1 GW. In tale ambito, il primo progetto allo studio è quello localizzato a Ferrera Erbognone nei pressi del GDC: si prevede di sviluppare in due fasi un AI Data Center Campus⁹⁷ da 500 MW IT (quasi la potenza installata in Italia nel 2024⁹⁸). Infine, nel corso del 2024, è nata Eniquantic, una società costituita da Eni e dalla startup ITQuanta, per la progettazione e sviluppo di un computer quantistico.

Leonardo

A) Le caratteristiche dell'infrastruttura

Il Consorzio pubblico Cineca gestisce, presso il Tecnopolo di Bologna, che lo ospita, il supercalcolatore italiano Leonardo⁹⁹. Il sistema è in grado di fronteggiare carichi di lavoro legati sia al calcolo tradizionale sia, in parte, alle applicazioni di IA¹⁰⁰. Il supercalcolatore è attualmente dotato di circa 14.000 GPU NVIDIA A100 (un modello prodotto dall'azienda leader nel settore ma non di ultima generazione¹⁰¹), di interconnessioni

⁹⁴ Tra i quali l'*International Foundation Big Data and Artificial Intelligence for Human Development*, IFAB, e il *Centro nazionale di ricerca in HPC, Big Data and Quantum Computing*, ICSC.

⁹⁵ Relativamente alla fusione a confinamento magnetico, grazie all'HPC6 è possibile simulare il comportamento del plasma per migliorare l'efficienza e la stabilità del processo di fusione, oltre che per lo studio dei materiali.

⁹⁶ A febbraio 2025 Eni ha siglato lettere d'intenti con G42, un gruppo leader globale nell'IA basato a Dubai, e Mgx, fondo dedicato a investimenti in IA e tecnologie avanzate; mentre a luglio 2025 ha firmato una *joint venture* con Khazna Data Centers, leader globale nelle infrastrutture digitali *hyperscale*.

⁹⁷ I data center campus sono un insieme di più edifici data center, con sistemi di ridondanza e alimentazione indipendenti tra loro, localizzati nello stesso complesso industriale.

⁹⁸ Secondo l'Osservatorio Data Center del Politecnico di Milano, nel 2024 i data center presenti in Italia hanno raggiunto la potenza energetica di 513 MW (considerando solo l'energia consumata dalle sale dati delle infrastrutture), di cui il 62 per cento in Lombardia (318 MW nel 2024) e in particolare a Milano, che contribuisce con il 238 MW (ancora distanti da Londra, 1065 MW, e Francoforte, 867 MW).

⁹⁹ Il supercalcolatore Leonardo, progettato per avvicinarsi alla soglia dell'exascale (un miliardo di miliardi di operazioni al secondo), è basato sull'architettura BullSequana XH2000. Il sistema HPC è suddiviso in due moduli: il Booster, dedicato ai carichi di lavoro accelerati con unità grafiche, e il Data Centric, pensato per il calcolo tradizionale e la gestione di grandi volumi di dati. Il sistema dispone di oltre 100 petabyte di spazio su dischi e più di 5 petabyte su memoria flash, con reti interne ad alta velocità e software ottimizzati per analisi dei dati e applicazioni di intelligenza artificiale. La potenza complessiva supera i 240 petaflop, mentre l'assorbimento elettrico a pieno carico è di circa 9 megawatt (equivalente alla potenza installata in 3.000 abitazioni).

¹⁰⁰ Altri sistemi completano il perimetro tecnologico di Cineca: GAIA per i servizi cloud, MARCOPOLO per applicazioni critiche come le previsioni meteo, PITAGORA per la comunità internazionale della fusione nucleare e MEGARIDE, in fase di installazione a Napoli, dedicato alla sicurezza informatica. Insieme, questi sistemi offrono un *continuum* di risorse che va dal cloud al supercalcolo, a disposizione di università, centri di ricerca e imprese. Per maggiori dettagli, cfr. Cineca, *Cineca HPC Report 2024-25*.

¹⁰¹ Il modello NVIDIA A100 è stato introdotto nel 2020 ed è in fase di uscita dalla produzione, sebbene sia ancora supportato dalla casa madre e ampiamente utilizzato in molti sistemi.

altamente ottimizzate per il calcolo parallelo¹⁰² e di un sistema di archiviazione idoneo alla gestione di grandi volumi di dati eterogenei¹⁰³. La missione principale del Consorzio è quella di supportare la comunità scientifica nazionale ed europea nell'attività di ricerca. Il Cineca è inoltre pienamente integrato nella rete delle iniziative europee gestite da *EuroHPC Joint Undertaking (EuroHPC JU)*, un organismo dell'Unione Europea che coordina e cofinanzia lo sviluppo delle infrastrutture HPC in Europa.

Già dalla sua fase di avvio (novembre 2022)¹⁰⁴, il sistema ha dovuto fronteggiare una crescente domanda europea di potenza di calcolo per l'addestramento di modelli¹⁰⁵. Un *upgrade* tecnologico, in fase di sviluppo, consentirà di aumentarne la capacità di elaborazione a supporto di applicazioni avanzate di tecnologia AI.

In base all'ultimo bilancio del Consorzio Cineca¹⁰⁶, nel 2025 il valore complessivo della produzione è stato pari a 160 milioni di euro. La quota prevalente dei ricavi proviene dai soggetti consorziati attraverso prestazioni per 95 milioni circa, a fronte di 13 milioni da altri clienti. A questi si aggiungono i fondi nazionali, in particolare i contributi ministeriali del Fondo di Finanziamento Ordinario per il supercalcolo, per 13 milioni di euro. Le risorse europee e i progetti PNRR hanno contribuito con 14,4 milioni per iniziative comunitarie, a fronte di 5,9 milioni per progetti nazionali e 7,3 milioni di contributi in conto impianti legati al Tecnopolo. Completano la composizione, altri ricavi per le attività verso privati e altri proventi, tra cui consulenze specialistiche e vendita di titoli di efficienza energetica. Secondo l'ultimo bilancio disponibile, alla fine dello scorso anno il Dipartimento HPC del Cineca, che si occupa della gestione del supercomputer Leonardo, impiegava circa 160 persone, collocate prevalentemente a Bologna¹⁰⁷.

L'accesso alle risorse di calcolo avviene principalmente attraverso bandi competitivi, basati su un processo di valutazione da parte di esperti indipendenti, che analizzano le proposte secondo criteri tecnico-scientifici per garantirne qualità e fattibilità. A livello nazionale, sono attivi bandi dedicati ai ricercatori italiani, mentre a livello europeo le risorse vengono assegnate mediante iniziative coordinate dall'*EuroHPC JU*. Accanto a queste procedure, accordi quadro con università ed enti di ricerca consentono di riservare capacità di calcolo per attività non facilmente candidabili a bandi competitivi. In pochi casi, anche le imprese possono sottoscrivere accordi privati con Cineca per utilizzare le risorse di calcolo a fini di ricerca e sviluppo o per progetti di *proof-of-concept*.

Secondo l'ultimo rapporto del Cineca sull'infrastruttura HPC¹⁰⁸, nel 2024 la maggior parte delle risorse computazionali è stata assegnata attraverso bandi europei, che hanno assorbito quasi il 40 per cento del totale disponibile, seguiti da quelli nazionali, con poco più del 20. Gli accordi diretti, inclusi quelli riservati al consorzio EUROfusion¹⁰⁹, hanno inciso per quasi il 30 per cento, mentre, nella restante parte, il 5 per cento circa è stato destinato a progetti industriali. Analizzando la distribuzione delle risorse per dominio scientifico, nel 2024 la maggiore quota è stata rivolta a iniziative legate alla fisica delle particelle (21,9 per cento), alla

¹⁰² Le interconnessioni intra-nodo e inter-nodo sono realizzate rispettivamente con la tecnologia NVIDIA NVLink 3.0 e NVIDIA InfiniBand HDR100, tecnologie di eccellenza e all'avanguardia fino a pochi anni fa.

¹⁰³ Storage multi-tier e multiprotocollo.

¹⁰⁴ Il 30 novembre 2022, appena una settimana dopo l'inaugurazione del supercalcolatore Leonardo presso Cineca, OpenAI ha rilasciato la prima versione di ChatGPT. Il sistema Leonardo, configurato con acceleratori NVIDIA, è stato pertanto il modello pre-exascale che ha sostenuto la prima risposta europea alla domanda di calcolo su acceleratori NVIDIA per l'addestramento di applicazioni generative-AI di grandi dimensioni.

¹⁰⁵ Il sistema, grazie alla configurazione basata su acceleratori NVIDIA, ha fatto della *readiness* per l'AI una dimensione centrale e crescente dell'infrastruttura ed è divenuto la piattaforma di riferimento per famiglie di modelli nazionali: Italia LLM (sviluppato dalla startup iGenius con Cineca), Minerva (Sapienza), Velvet (Almawave SpA) e LLaVA-MORE (Università di Modena e Reggio Emilia), tutti addestrati o scalati con la potenza GPU di Leonardo. In parallelo, in ambito europeo sono da annoverare i bandi sull'intelligenza artificiale emessi da *EuroHPC Joint Undertaking*, tra cui il progetto Large AI Grand Challenge, che ha attribuito risorse computazionali (2 milioni di GPU-ore) a due società europee (Lingua Custodia e Unbabel, rispettivamente francesi e portoghesi).

¹⁰⁶ Per dettagli, cfr. Cineca, *Bilancio d'esercizio 2025*.

¹⁰⁷ Il Dipartimento HPC ha sedi operative, con presenze di addetti, anche nei poli di Roma, Milano, Napoli e Palermo; il Cineca conta complessivamente oltre 1.000 dipendenti.

¹⁰⁸ Cfr. Cineca, *Cineca HPC Report 2024-25*.

¹⁰⁹ Si tratta di un consorzio europeo per la ricerca sull'energia e la fusione nucleare.

fusione nucleare (14,3), all'AI e al Machine Learning (14,2), nonché alla fisica della materia condensata (10)¹¹⁰.

B) Le applicazioni

Sebbene la missione principale di Cineca sia il supporto alla ricerca scientifica, la collaborazione con le imprese e con la Pubblica Amministrazione (PA) rappresenta un elemento rilevante della sua attività, anche ai fini del trasferimento tecnologico all'economia. Queste relazioni riguardano applicazioni che richiedono calcolo ad alte prestazioni e strumenti di intelligenza artificiale. Nel settore energia, Cineca collabora con Eni SpA per simulazioni e analisi legate alla transizione energetica, in modo integrato con le capacità di calcolo di cui dispone la società (gli ecosistemi HPC5 e HPC6). Nella farmaceutica, collabora con Dompé per accelerare la scoperta di nuovi farmaci attraverso piattaforme di calcolo su larga scala. Nel manifatturiero, sviluppa modelli Digital Twin e soluzioni per ottimizzare i processi produttivi. Anche la cultura digitale beneficia di progetti basati sul riconoscimento di immagini e automazione dei flussi di catalogazione con tecniche di IA. Tra gli esempi di collaborazione con la Pubblica Amministrazione, si riportano: a) il Digital Twin di Bologna, il modello digitale della città che ha permesso di simulare il comportamento energetico di 24.000 edifici; b) la transizione ai modelli meteo ICON per ItaliaMeteo e ARPAE, con miglioramenti nelle previsioni rispetto al precedente modello COSMO¹¹¹.

C) Gli sviluppi futuri

Il primo intervento di potenziamento dell'infrastruttura dedicata alle applicazioni di intelligenza artificiale prevede l'introduzione di LISA (*Leonardo Improved Supercomputing Architecture*). Si tratta di una nuova partizione del supercalcolatore, progettata specificamente per le applicazioni AI ed equipaggiata con oltre 1.000 GPU della serie NVIDIA H100¹¹². L'infrastruttura complessiva verrà inoltre integrata da sistemi per il supporto ai servizi cloud e all'archiviazione dei dati per offrire un *continuum* computazionale, ossia un sistema dove calcolo, cloud e dati interagiscono in modo coordinato. Nell'orizzonte di medio periodo del progetto l'infrastruttura complessiva è attesa superare le 20.000 GPU.

Le potenzialità sull'intelligenza artificiale si rafforzeranno con la progressiva implementazione del progetto IT4LIA – *Italy for Artificial Intelligence*, che è stato selezionato tra le prime AI Factory europee nell'ambito dell'iniziativa promossa da EuroHPC JU. Al centro del progetto vi è la realizzazione di un supercomputer ottimizzato per questa tecnologia. Cineca, in consorzio con Austria e Slovenia, sarà la struttura ospitante. A regime, IT4LIA sarà tra le prime AI Factory al mondo e leader in Europa per capacità di calcolo dedicata all'intelligenza artificiale.

IT4LIA AI-Factory beneficia di un investimento totale di circa 430 milioni di euro, con un contributo paritario a livello nazionale¹¹³ ed europeo.

L'acquisizione del nuovo supercomputer ottimizzato per applicazioni di intelligenza artificiale è stata oggetto di una gara europea, indetta da EuroHPC JU. La gara per la realizzazione del nuovo super computer, per un valore stimato di 290 milioni di euro, è stata pubblicata il 6 ottobre 2025 ed è stata vinta da E4 Computer

¹¹⁰ A conferma della rilevanza dell'infrastruttura, nel 2024 le pubblicazioni che citano Cineca hanno raggiunto quota 24.000, con H-index pari a 16, un valore elevato con riferimento alle pubblicazioni considerate e in crescita rispetto all'anno precedente.

¹¹¹ Il Digital Twin di Bologna è sviluppato in collaborazione con enti pubblici locali (Comune di Bologna e fondazione Innovazione Urbana) e con l'Università di Bologna, il cui obiettivo è quello di supportare la pianificazione urbana e le politiche di efficienza energetica.

¹¹² La serie NVIDIA H100 è stata lanciata nel 2022 e ha determinato un grande salto architetturale e di prestazioni rispetto al precedente modello A100, specialmente nel supporto al calcolo AI. Sebbene non possa più essere considerato un modello di frontiera, rappresenta ancora una tecnologia di alta fascia e uno standard in molti sistemi di calcolo exascale.

¹¹³ Il cofinanziamento nazionale è sostenuto da un'ampia platea di istituzioni, tra cui il Ministero dell'Università e della Ricerca, l'Agenzia per la Cybersicurezza Nazionale (ACN), la Regione Emilia-Romagna, il Consorzio Cineca, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), l'Agenzia ItaliaMeteo, la Fondazione per l'IA e la Fondazione Bruno Kessler. All'iniziativa collaborano anche altre istituzioni ed enti italiani, come il Centro Nazionale di Ricerca in High-Performance Computing, Big Data e Quantum Computing (Centro Nazionale ICSC).

Engineering (in partnership con Dell Technologies) nell'aprile 2026, con la progressiva entrata in produzione prevista nel corso dell'anno.

In prospettiva, con il progetto IT4LIA, Cineca mira ad ampliare la base di ricavi a mercato – soprattutto nei settori energia, farmaceutico, mobilità e manifattura digitale – preservando al tempo stesso l'accesso competitivo e gratuito per la ricerca di base¹¹⁴. La sostenibilità economica dipenderà anche dalla capacità di trasformare una parte crescente dei progetti in servizi professionali ad alto valore, mentre il rafforzamento dell'efficienza energetica dovrebbe contribuire a contenere i costi.

Nell'ambito del percorso verso l'exascale¹¹⁵ in Europa, il successore di Leonardo per il calcolo scientifico generale è atteso entrare in funzione nel 2028. La traiettoria di sviluppo include anche l'integrazione di due sistemi quantistici nel Tecnopolo di Bologna (IQM Radiance e Pasqal Orion Beta).

¹¹⁴ Leonardo beneficerà della possibilità di scaricare sui nuovi sistemi ottimizzati i workload di training massivo, liberando capacità di calcolo per progetti scientifici e industriali già in produzione e migliorando i tempi di attesa e la qualità del servizio per tutta la comunità scientifica.

¹¹⁵ Potenza di calcolo di almeno 10^{18} operazioni in virgola mobile al secondo.