



OPEN TO INNOVATE

Brevetti e Industria 4.0

Le tendenze tecnologiche globali che
guidano l'economia dei dati



Indice

Introduzione.....	3
Note metodologiche sull'uso dei brevetti e il loro ruolo in Industria 4.0.....	4
Cartografia Innovazione 4.0.....	5
1. Innovazione Industria 4.0 - livello globale e regionale.....	6
2. Tecnologie di base.....	7
3. Tecnologie abilitanti.....	9
4. Domini applicativi.....	11
5. Intersezione tra tecnologie e domini applicativi.....	12

Introduzione

Il termine **Quarta Rivoluzione Industriale (Industria 4.0)** indica l'integrazione avanzata delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) in una vasta gamma di contesti, tra cui ambiti personali, domestici, aziendali e infrastrutturali. Industria 4.0 non si limita a rappresentare un'evoluzione o un'accelerazione dello sviluppo delle ICT, ma costituisce un cambiamento radicale verso un'economia basata su un utilizzo più efficiente e strategico dei dati.

Se le rivoluzioni industriali precedenti hanno principalmente sostituito lo sforzo fisico umano o animale con macchine o computer, la Quarta Rivoluzione Industriale fa un ulteriore passo avanti, automatizzando attività intellettuali e complesse in maniera mai vista prima. La capacità attuale di raccogliere, condividere ed elaborare enormi quantità di dati consente di automatizzare processi complessi su larga scala. Dispositivi connessi in modalità wireless e dotati di sensori possono percepire cambiamenti nell'ambiente circostante e, grazie all'intelligenza artificiale, reagire autonomamente con la risposta ottimale, senza necessità di intervento umano. Questa innovazione sta trasformando profondamente interi settori economici e organizzazioni sociali: dalle fabbriche intelligenti (*smart factories*) ai veicoli autonomi, dalle reti energetiche intelligenti (*smart grids*) alla sanità (chirurgia robotizzata), fino all'agricoltura e alla gestione intelligente delle città (*smart cities*).

Industria 4.0 pone al centro della creazione di valore i dati, che vengono raccolti, condivisi e integrati da diverse fonti. Dispositivi intelligenti e interconnessi hanno la capacità autonoma di decidere come agire o reagire, basandosi sulle informazioni raccolte direttamente o ricevute da altri dispositivi, confrontandole con criteri preimpostati. I dati raccolti consentono la creazione di "gemelli digitali" (*digital twins*), ovvero repliche digitali complete di macchinari complessi, fabbriche, catene di approvvigionamento e persino organi viventi, aprendo nuove frontiere nella diagnostica, nella manutenzione predittiva e nell'ottimizzazione in tempo reale.

Lo scopo di questo report è analizzare l'innovazione legata all'Industria 4.0 attraverso l'utilizzo strategico dei dati brevettuali. Le pagine successive offrono una panoramica dettagliata delle tecnologie fondamentali, delle tecnologie abilitanti e dei principali domini applicativi legati a Industria 4.0. Verrà fornita una visione globale e regionale delle attività brevettuali, evidenziando trend significativi e analizzando le interazioni tra le diverse categorie tecnologiche e i relativi ambiti applicativi.

Pur non essendo oggetto diretto di questa analisi, è utile introdurre brevemente anche il concetto emergente di Industria 5.0. Esso rappresenta una naturale evoluzione della Quarta Rivoluzione Industriale, caratterizzata da una forte enfasi sull'interazione sinergica tra uomo e macchina. Questa nuova fase mira a bilanciare l'efficienza tecnologica con il benessere sociale e la sostenibilità ambientale, valorizzando la resilienza dei sistemi industriali.

Note metodologiche sull'uso dei brevetti e il loro ruolo in Industria 4.0

Industria 4.0 è principalmente guidata dal progresso scientifico e, quindi, dalle invenzioni brevettate. I brevetti sono strumenti essenziali per gli innovatori perché tutelano le invenzioni nuove e innovative, permettendo di attrarre investimenti, favorire accordi di licenza e garantire esclusività di mercato. Inoltre, rappresentano un indicatore chiave di innovazione tecnologica, in quanto rendono pubblici i dettagli tecnici delle invenzioni depositate.

Per questi motivi, il presente report utilizza i dati brevettuali come fonte principale di informazioni, sfruttando la possibilità di identificare rapidamente le tecnologie legate a Industria 4.0 tramite i codici di classificazione assegnati dagli uffici brevetti durante la fase di registrazione. Questa identificazione si basa sulla mappatura realizzata dall'Ufficio Brevetti Europeo (EPO), presentata nel rapporto "*Patents and the Fourth Industrial Revolution*" (EPO, 2020¹). Tale mappatura collega codici brevettuali (CPC) a classi tecnologiche e ambiti applicativi specifici della Quarta Rivoluzione Industriale.

¹ EPO (2020), *Patents and the Fourth Industrial Revolution: The global technology trends enabling the data-driven economy* https://link.epo.org/web/patents_and_the_fourth_industrial_revolution_study_2020_en.pdf

Il nostro approccio si distingue dal report dell'EPO per due motivi fondamentali: in primo luogo, il periodo di analisi è aggiornato all'anno 2020; in secondo luogo, la geolocalizzazione si basa sul paese e sulla giurisdizione in cui le domande di brevetto sono state presentate, anziché sull'indirizzo degli inventori. Questa scelta operativa risponde a esigenze pratiche: spesso, le informazioni relative agli indirizzi degli inventori sono incomplete o mancanti, soprattutto per le domande di brevetto provenienti da regioni asiatiche, rischiando di distorcere la rappresentazione globale dell'attività innovativa. In sostanza, mentre l'approccio basato sull'indirizzo dell'inventore mette in evidenza il luogo fisico in cui l'innovazione viene concepita, l'approccio basato sulla giurisdizione di presentazione evidenzia i mercati nei quali le aziende intendono proteggere e valorizzare le proprie innovazioni. Questo consente una visione più accurata e strategica della dimensione commerciale e della rilevanza internazionale dell'attività brevettuale.

Per effettuare un'analisi robusta e significativa, sono inoltre considerati due ulteriori aspetti metodologici rilevanti: **l'eterogeneità nel valore tecnologico** dei brevetti e **la dimensione temporale** dei dati. Non tutti i brevetti possiedono lo stesso valore tecnologico e commerciale; confrontare direttamente il numero assoluto di brevetti può quindi risultare fuorviante. Il conteggio di brevetti depositati in un singolo paese spesso sovrastima l'attività inventiva reale, poiché molti brevetti locali hanno rilevanza limitata al mercato di origine. Una soluzione efficace per affrontare questo problema è l'uso delle Famiglie Internazionali di Brevetti (International Patent Families - IPFs), che comprendono brevetti per la stessa invenzione depositati in almeno due paesi/giurisdizioni differenti. Le IPFs rappresentano quindi solo invenzioni ritenute sufficientemente importanti da giustificare protezione internazionale, offrendo così una misura più precisa e comparabile a livello internazionale.

Il secondo aspetto riguarda la temporalità dei dati brevettuali. Infatti, esiste un naturale ritardo tra il deposito iniziale di una domanda di brevetto ("priority year") e la sua successiva accettazione, registrazione e commercializzazione. Questo intervallo temporale può far apparire un calo delle domande più recenti, poiché al momento dell'analisi risultano ufficialmente registrate solo quelle domande che hanno completato l'iter burocratico. Se trascurato, tale fenomeno rischia di essere interpretato erroneamente come una diminuzione dell'attività inventiva, anziché come il risultato di un processo amministrativo. Per garantire l'affidabilità delle informazioni, il report si concentra su dati consolidati e



completi, riferiti a periodi sufficientemente distanti nel tempo (ad es. domande presentate nel 2020), che rappresentano un indicatore utile per il 2025, considerando i tempi necessari per l'accettazione e la successiva valorizzazione commerciale dei brevetti.

Cartografia Innovazione 4.0

Il lavoro svolto dal European Patent Office elabora una classificazione delle tecnologie legate al mondo Industria 4.0. Esso si basa su una rigorosa selezione di invenzioni legate a dispositivi intelligenti e connessi, che combinano caratteristiche di calcolo, connettività e scambio di dati. Queste invenzioni sono suddivise in tre principali settori: “**tecnologie di base**”, “**tecnologie abilitanti**” e “**domini applicativi**”, ciascuno dei quali è ulteriormente suddiviso in diversi campi tecnologici.

Le invenzioni 4IR possono essere rilevanti per uno o più campi tecnologici, all'interno di uno o più domini applicativi. Se un'invenzione combina caratteristiche di diverse tecnologie 4.0, la relativa domanda di brevetto viene classificata di conseguenza in tutti i campi tecnologici e domini applicativi pertinenti, determinando sovrapposizioni nei numeri sia a livello di campo che di settore.

1. Innovazione Industria 4.0 – livello globale e regionale

L'innovazione 4.0 ha subito un'accelerazione significativa negli ultimi anni, con un tasso di crescita annuale medio delle domande di brevettazione del 4,7% tra il 2000 e il 2020, arrivando a toccare una quota rilevante dell'innovazione globale, con circa 100.000 famiglie internazionali di brevetti (IPFs) pubblicati nel 2020.

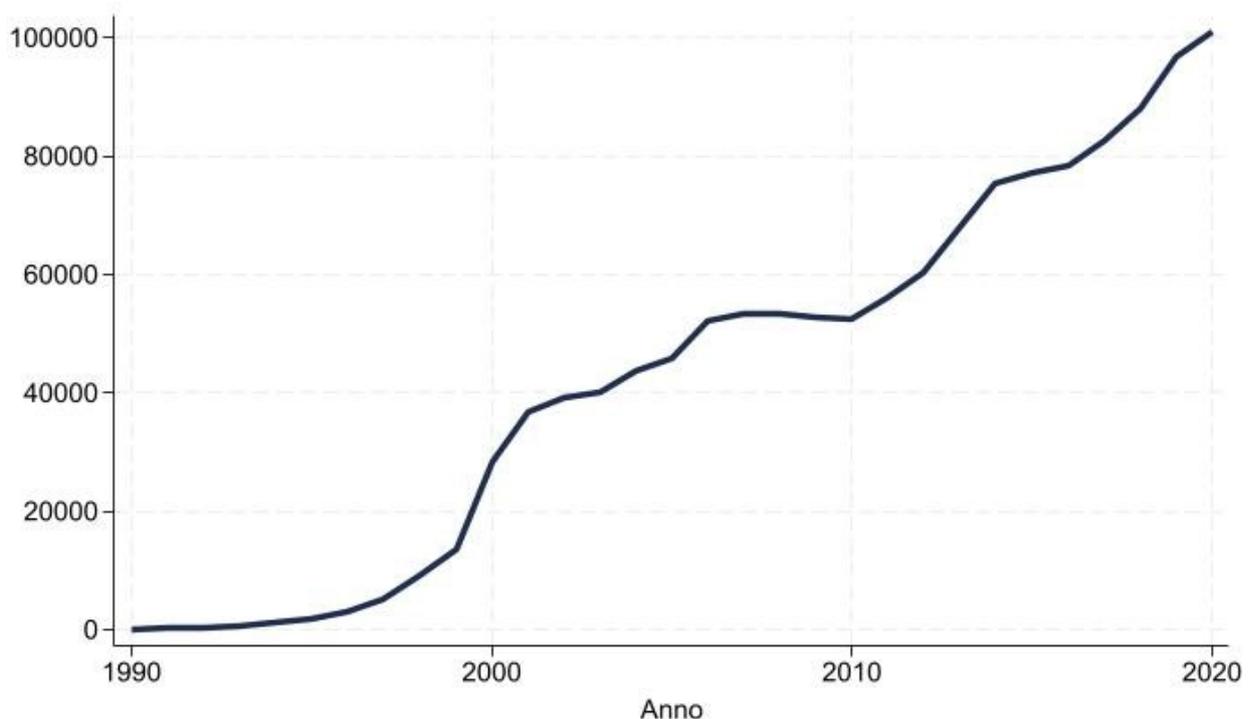


Figura 1. Crescita globale domande di brevetto legate a Industria 4.0 (1990-2020). *Fonte: Dati PASTAT (elaborazione propria)*

In **Figura 1** è presentata una disaggregazione su base geografica, esistono chiaramente differenze sostanziali tra le principali economie globali per quanto riguarda il numero di domande di brevetto depositate nei rispettivi territori nazionali. Gli Stati Uniti emergono chiaramente come leader globale, mostrando una crescita robusta e costante nel corso degli ultimi tre decenni e raggiungendo nel 2020 oltre 30.000 domande di brevetto. L'Europa si posiziona al secondo posto con circa 25.000 brevetti depositati nel 2020, mostrando una traiettoria di crescita significativa ma meno marcata rispetto agli USA, specialmente nell'ultimo decennio. La Cina evidenzia un andamento particolarmente dinamico a partire

dal 2010, con un notevole incremento nel numero di brevetti internazionali depositati sul proprio territorio, superando rapidamente il Giappone e avvicinandosi significativamente ai livelli europei con circa 20.000 brevetti IPFs registrati nel 2020. Questi dati evidenziano come la distribuzione geografica delle attività brevettuali rifletta non solo la capacità innovativa interna dei diversi paesi, ma anche la loro attrattività strategica come mercati di destinazione della protezione brevettuale internazionale.

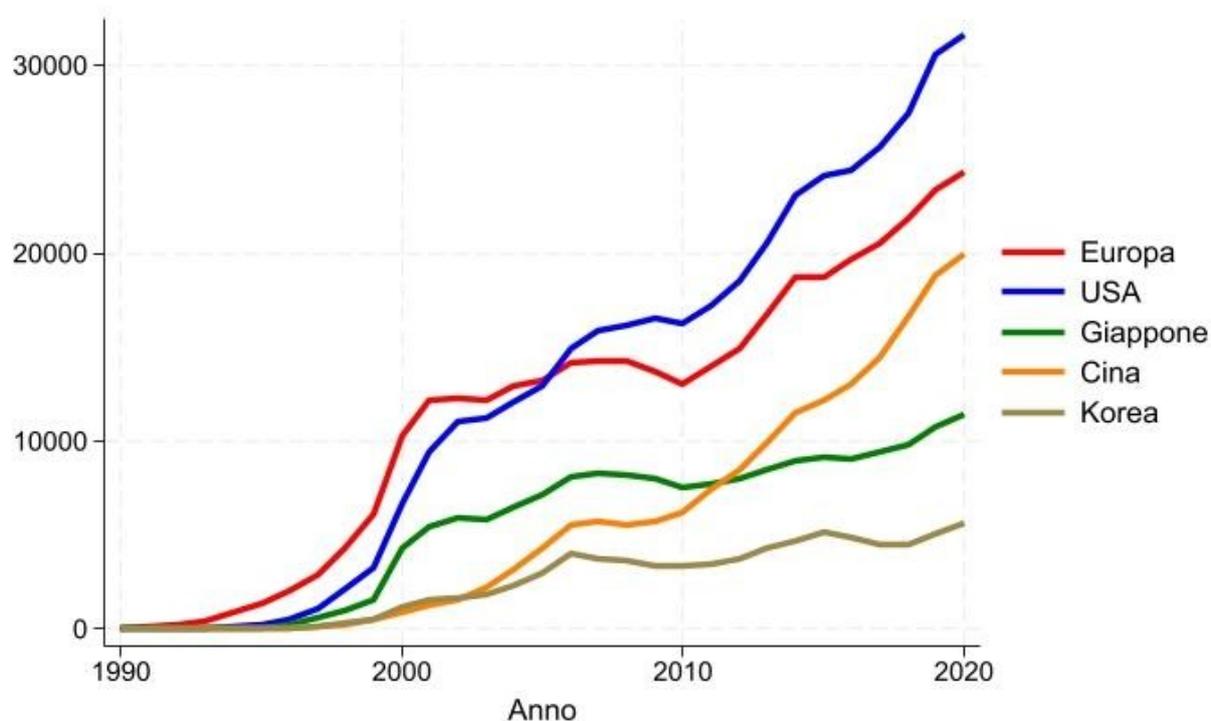


Figura 2. Crescita delle domande di brevetto legate a Industria 4.0 nei principali paesi innovatori (1990-2020). Fonte: Dati PASTAT (elaborazione propria)

2. **Tecnologie di base**

Le **Tecnologie di Base** legate a Industria 4.0 comprendono invenzioni che contribuiscono direttamente ai tre ambiti consolidati delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) ereditati dalla precedente rivoluzione industriale: hardware IT, software e connettività. La tabella fornisce una breve definizione di questi ambiti tecnologici fondamentali.

Tabella 1: Tecnologie di base Industria 4.0. Fonte EPO (2020)

Campo	Defnizione	Esempi
Hardware IT	Tecnologie hardware di base	<i>Sensori, memorie avanzate, processori, display adattivi, strumenti intelligenti</i>
Software	Tecnologie software di base	<i>Strutture intelligenti per l'archiviazione e il calcolo nel cloud, database adattivi, sistemi operativi mobili, tecnologie di virtualizzazione e blockchain</i>
Connettività	Sistemi di connettività di base	<i>Protocolli di rete per dispositivi massivamente connessi, sistemi wireless adattivi per comunicazioni a breve e lungo raggio</i>

Le tecnologie di base che sostengono l'ascesa di Industria 4.0 comprendono l'hardware IT (ad esempio processori, sensori, memorie), le infrastrutture software (come sistemi operativi, database e servizi cloud) e la connettività (protocolli e comunicazioni a breve e lungo raggio). Nel complesso, tutte e tre queste aree hanno registrato una crescita marcata a partire dal 2010, come si può osservare dal grafico riportato (**Figura 3**).

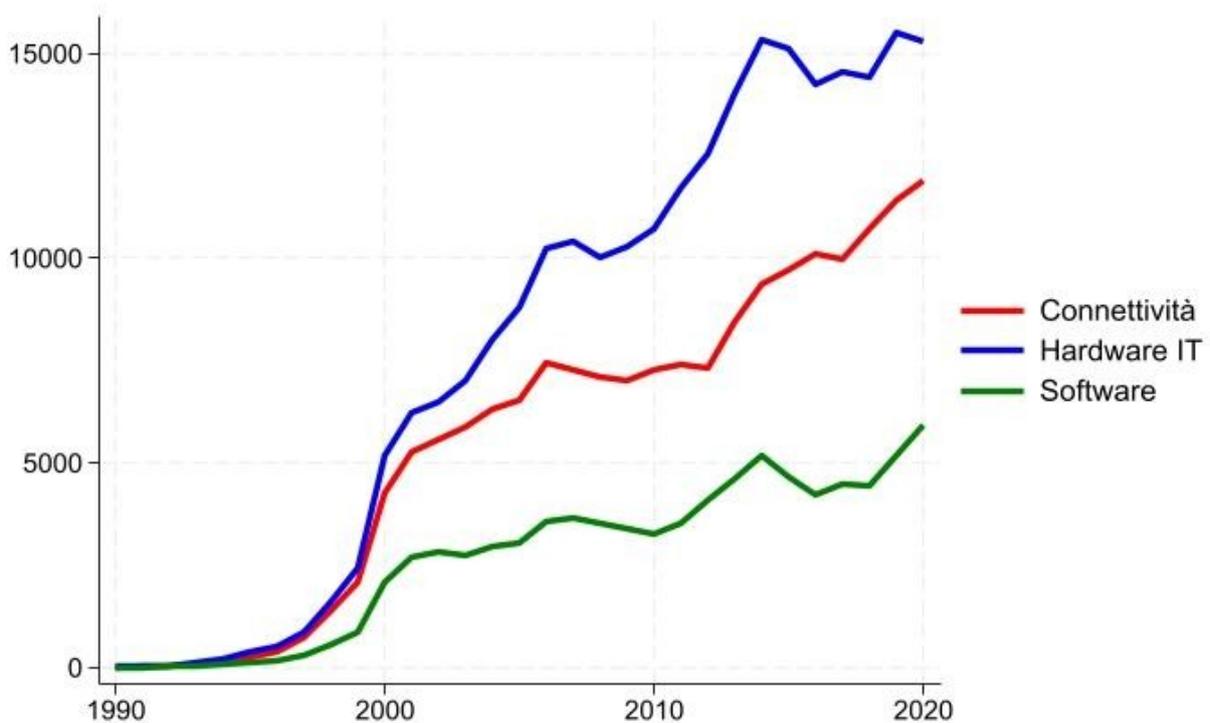


Figura 3. Evoluzione globale delle domande di brevetto relative alle tecnologie di base Industria 4.0. Fonte: Dati PASTAT (elaborazione propria)

Negli ultimi cinque anni del periodo considerato, la crescita della connettività ha subito un'ulteriore accelerazione rispetto alle altre tecnologie di base legate al mondo 4.0. Questo incremento è stato determinante per consentire la diffusione su larga scala di soluzioni IoT (Internet of Things), dove gli "oggetti" interagiscono tra loro in modo dinamico, scambiando dati e abilitando applicazioni sempre più avanzate. La connettività rappresenta infatti un tassello cruciale nell'ecosistema Industria 4.0: senza una rete veloce e affidabile, in grado di collegare dispositivi e macchinari in tempo reale, molte delle innovazioni basate sull'automazione e sull'analisi dei dati non potrebbero esprimere appieno il loro potenziale.

3. **Tecnologie abilitanti**

Il secondo settore comprende le **tecnologie abilitanti** che si basano e completano le tecnologie di base. Possono essere utilizzate per molteplici applicazioni.

Tabella 2: Tecnologie abilitanti Industria 4.0

Campo	Definizione	Esempi
Gestione dei dati	Mezzi tecnologici per creare valore dai dati	<i>Sistemi diagnostici e analitici per grandi quantità di dati, tecniche di previsione e monitoraggio, funzioni di pianificazione e controllo</i>
Interfacce utente	Tecnologie per visualizzare e inserire informazioni	<i>Realtà virtuale, realtà aumentata, riconoscimento e sintesi vocale</i>
Intelligenza artificiale (AI) di base	Abilitare la comprensione delle macchine	<i>Apprendimento automatico, reti neurali, sistemi basati su regole e statistica, piattaforme di AI</i>
Geoposizionamento	Abilitare la determinazione della posizione degli oggetti	<i>Geolocalizzazione avanzata e navigazione satellitare, posizionamento relativo e assoluto tra dispositivi</i>
Alimentazione energetica	Gestione intelligente dell'energia	<i>Sistemi di ricarica consapevoli del contesto, gestione condivisa degli obiettivi di trasmissione e</i>

		<i>stoccaggio energetico, gestione intelligente del risparmio energetico</i>
Sicurezza dei dati	Garantire la sicurezza dei dati	<i>Sistemi di sicurezza adattivi per dispositivi, servizi e trasmissione dati</i>
Sicurezza	Garantire la sicurezza fisica degli oggetti	<i>Sistemi di sicurezza intelligenti per prevenzione di furti e guasti</i>
Sistemi di supporto tridimensionali	Realizzazione di sistemi fisici o simulati in 3D	<i>Stampanti e scanner 3D per la produzione di parti, progettazione automatizzata e simulazione 3D, interfacce utente 3D</i>

Nel complesso, l'innovazione nelle tecnologie abilitanti per l'Industria 4.0 è aumentata di oltre il 350% dal 2010, con un trend di crescita positivo in tutti i campi analizzati (**Figura 4**). Tuttavia, gran parte di questa espansione è stata trainata dalle invenzioni legate alla gestione dei dati, la pietra angolare di Industria 4.0. Tali invenzioni coprono l'intero ciclo, dalla raccolta (tramite sensori) all'analisi e all'esecuzione di feedback su dispositivi fisici. Non sorprende dunque che la gestione dei dati costituisca di gran lunga la categoria più ampia delle tecnologie abilitanti per l'Industria 4.0, caratterizzandosi inoltre come un settore estremamente dinamico: emerge un tasso di crescita medio annuo che supera il 20% dal 2010 al 2020.

Altre aree particolarmente dinamiche comprendono le interfacce utente, il geoposizionamento e la sicurezza dei dati, che mostrano volumi di domande brevettuali in costante aumento negli ultimi anni. Le tecnologie di base che sottendono l'intelligenza artificiale (ad esempio reti neurali, deep learning e sistemi basati su regole) evidenziano un incremento ancora più marcato in termini percentuali, pur partendo da numeri assoluti più contenuti. Da segnalare anche la crescita di settori come l'alimentazione elettrica, la sicurezza e i sistemi di supporto tridimensionali, che completano il panorama delle soluzioni abilitanti per l'Industria 4.0, contribuendo all'innovazione trasversale necessaria per sostenere la trasformazione digitale in atto.

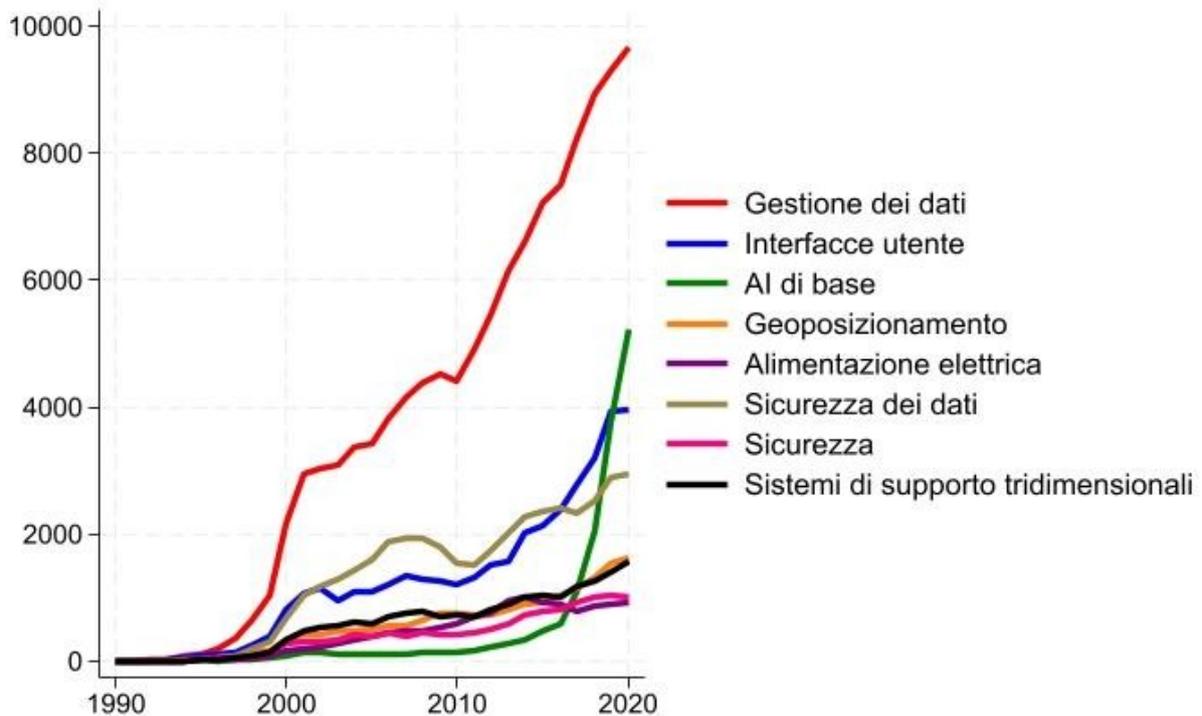


Figura 4. Evoluzione globale delle domande di brevetto relative alle tecnologie abilitanti Industria 4.0 (1990-2020). Fonte: Dati PASTAT (elaborazione propria)

Box domanda - le tecnologie AI possono essere brevettate?

Le invenzioni che coinvolgono l'IA sono considerate "invenzioni implementate da computer" (CII, *computer-implemented inventions*). Si tratta di invenzioni che coinvolgono computer, reti informatiche o altri dispositivi programmabili, in cui almeno una caratteristica è realizzata mediante un programma informatico. Le invenzioni implementate da computer vengono trattate diversamente dagli uffici brevetti nelle varie regioni del mondo. Negli Stati Uniti, le rivendicazioni di brevetto che includono invenzioni astratte relative ad algoritmi e software richiedono un collegamento a una specifica applicazione pratica [1]. Nell'Unione Europea, invece, i brevetti relativi a invenzioni astratte devono possedere un carattere tecnico [2]—per esempio, controllare un processo fisico o fornire un'implementazione o una funzione che risolve uno specifico problema tecnico.

[1] Revised Patent Subject Matter Eligibility Guidance (US Patent and Trademark Office, 2019); https://www.uspto.gov/sites/default/files/documents/peg_oct_2019_update.pdf

[2] EPO Case Law of the Boards of Appeal: 9.1.1 Technical Character of an Invention; https://www.epo.org/law-practice/legal-texts/html/caselaw/2019/e/clr_i_d_9_1_1.htm

4. **Domini applicativi**

Il terzo settore, i **domini applicativi**, include le applicazioni finali delle tecnologie della 4IR in vari ambiti dell'economia.

Tabella 3: Domini applicativi Industria 4.0

Campo	Definizione	Esempi
Beni di consumo	Applicazioni rivolte all'individuo	<i>Dispositivi per il monitoraggio della salute personale, dispositivi indossabili intelligenti, dispositivi sportivi e di intrattenimento, giocattoli e tessuti intelligenti</i>
Casa	Applicazioni per l'ambiente domestico	<i>Case intelligenti, sistemi di allarme, illuminazione e riscaldamento intelligente, robotica per i consumatori, sistemi di controllo del clima</i>
Veicoli	Applicazioni per i veicoli in movimento	<i>Guida autonoma, dispositivi di navigazione per flotte di veicoli</i>
Servizi	Applicazioni per le imprese	<i>Commercio intelligente, sistemi di pagamento e fidelizzazione, uffici intelligenti</i>
Industriale	Applicazioni per la produzione industriale	<i>Fabbriche intelligenti, robotica avanzata, risparmio energetico</i>
Infrastrutture	Applicazioni per le infrastrutture	<i>Reti di distribuzione energetica intelligenti, reti di trasporto intelligenti, sistemi di illuminazione e riscaldamento intelligenti</i>
Sanità	Applicazioni per il settore sanitario	<i>Sistemi sanitari intelligenti, chirurgia robotica, diagnosi avanzate</i>
Agricoltura	Applicazioni per il settore agricolo	<i>Sistemi di monitoraggio climatico, automazione delle serre, gestione avanzata delle colture e del bestiame, agricoltura intelligente</i>

La **Figura 5** evidenzia la varietà di domini applicativi interessati dalle tecnologie 4.0, dai beni di consumo e dai servizi fino all'industria, all'agricoltura e alle infrastrutture. Sebbene tutti questi ambiti abbiano registrato una forte crescita dell'innovazione nell'ultimo decennio, alcuni dominano nettamente in termini di volume di brevetti. In particolare, il comparto dei beni di consumo intelligenti (ad esempio wearables, dispositivi di intrattenimento, giocattoli,

tessuti smart) ha generato il numero più alto di famiglie di brevetti internazionali (IPF) già nel periodo 2000-2009 e rimane tuttora il più dinamico, avvicinandosi a 9.000 IPF nel 2020.

Altri ambiti molto attivi includono i veicoli smart, che superano le 8.000 IPF nel 2020, e i servizi smart, che sfiorano le 3.500 IPF. Anche la sanità intelligente (circa 4.500 IPF) e la casa connessa (oltre 6.000 IPF) mostrano una crescita regolare ma sostenuta nell'ultimo decennio. Più di recente, si osserva inoltre un aumento delle attività brevettuali in settori come le infrastrutture smart (ad es. energia, trasporti) e l'agricoltura, che partono da livelli iniziali più bassi ma stanno guadagnando terreno. Questo indica un progressivo allargamento delle soluzioni 4.0 a domini tradizionalmente meno esplorati dalla trasformazione digitale.

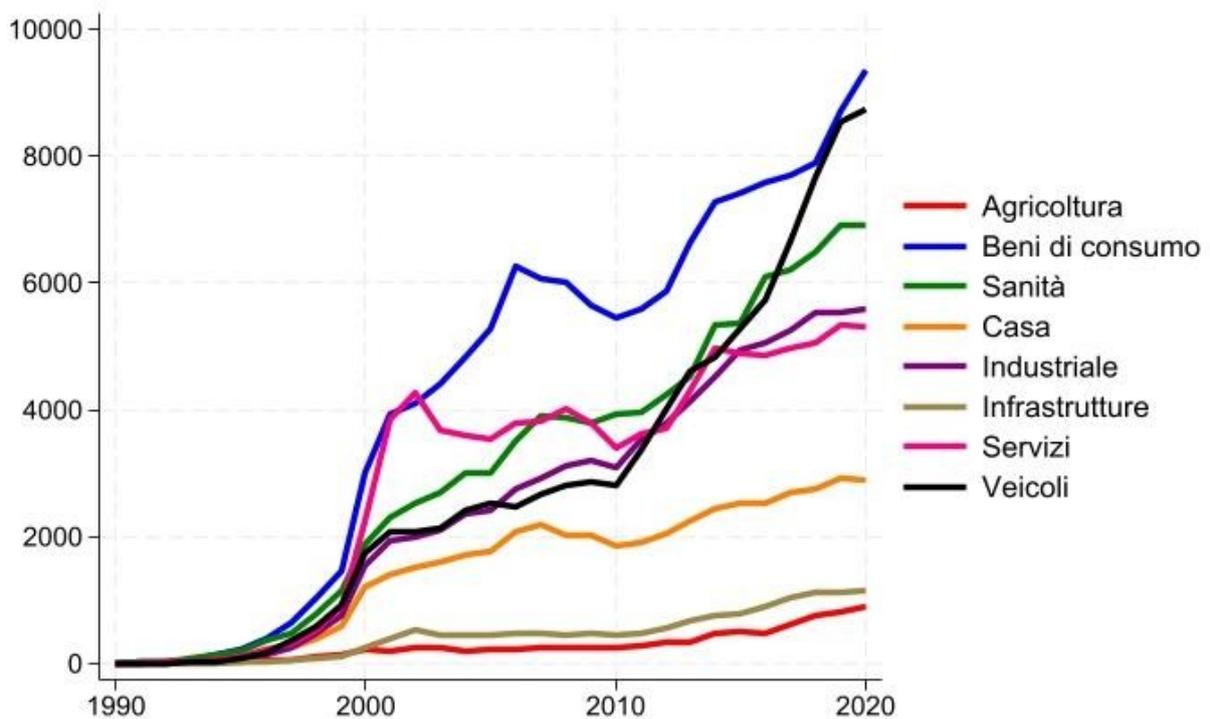


Figura 5. Evoluzione globale delle domande (numero) di brevetto relative ai domini applicativi Industria 4.0 per anno (1990-2020). Fonte: Dati PASTAT (elaborazione propria)

5. Intersezione tra tecnologie e domini applicativi

Nella trasformazione Industria 4.0, ogni dominio applicativo combina tecnologie di base con tecnologie abilitanti avanzate, seppure in proporzioni differenti. La **Figura 6**, relativa al periodo 2010–2020, mostra per ciascun dominio la quota di invenzioni classificate come rilevanti per ciascun tipo di tecnologia, mettendo in evidenza trend specifici e priorità tecnologiche distinte.

Nel dominio dei **Beni di consumo**, le tecnologie di base legate ai prodotti fisici e alla connettività dominano il panorama tecnologico. L'hardware IT è in testa con circa 37%, seguito a ruota dalla connettività (IoT) al 32%. Ciò riflette la forte spinta verso dispositivi smart e prodotti connessi nel settore consumer: sensori e componenti hardware integrati nei beni e reti wireless per farli comunicare erano elementi chiave per aggiungere funzionalità e valore ai prodotti. Anche la *gestione dei dati* e *software* mostrano un peso non trascurabile (entrambi attorno al 14%), a indicare che l'analisi dei dati sull'utilizzo dei prodotti e lo sviluppo di software/applicazioni dedicate contribuivano significativamente.

È interessante anche notare il forte peso di tecnologie legate alla gestione dati per il mondo industriale, l'83% di invenzioni legate a questo settore ha in qualche modo a che fare con dati.

Nell'ambito **industriale**, la gestione dei dati raggiunge addirittura l'83%, segno di una trasformazione profondamente orientata all'analisi e all'utilizzo di grandi moli di informazioni (ad esempio, dati di produzione, manutenzione predittiva, controllo qualità). L'automazione e il monitoraggio in tempo reale richiedono piattaforme e infrastrutture digitali robuste, dove i dati rappresentano la risorsa principale.

	Agricoltura	Beni di consumo	Casa	Industriale	Infrastrutture	Sanità	Servizi	Veicoli
Hardware IT	6%	37%	15%	8%	13%	15%	44%	13%
Software	2%	14%	6%	3%	7%	2%	12%	3%
Connettività	3%	32%	26%	6%	15%	5%	21%	9%
Gestione dei dati	16%	14%	28%	83%	40%	17%	21%	44%
AI di base	2%	2%	1%	2%	2%	3%	3%	2%
Alimentazione elettrica	0%	2%	1%	1%	0%	1%	1%	0%
Geoposizionamento	4%	9%	2%	1%	5%	1%	2%	19%
Interfacce utente	1%	7%	5%	2%	4%	5%	5%	8%
Sicurezza	1%	1%	19%	14%	6%	0%	2%	8%
Sicurezza dei dati	0%	5%	3%	1%	3%	1%	6%	1%

Sistemi di supporto 3D	1%	2%	0%	2%	1%	9%	1%	0%
------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----

Figura 6. Impatto delle tecnologie abilitanti e di base su diversi ambiti applicative (2010-2020). *Fonte: Dati PASTAT (elaborazione propria)*

In sintesi, i dati della **Figura 6** mettono in luce come la digitalizzazione e l'automazione, supportate da hardware IT, connettività e soprattutto gestione dei dati, siano elementi chiave trasversali a tutti i domini. Tuttavia, ciascun settore combina queste tecnologie in modo diverso, a seconda delle proprie necessità specifiche: dall'agricoltura di precisione alla smart home, dalla fabbrica automatizzata all'auto connessa, l'innovazione si costruisce su architetture tecnologiche comuni ma declinate in maniera specializzata. L'adozione di tecnologie come l'AI di base, il geoposizionamento o i sistemi di supporto 3D appare più circoscritta ma in costante crescita, specialmente laddove queste soluzioni consentono di risolvere esigenze di personalizzazione, automazione avanzata o ottimizzazione dei processi.



**CLUST-ER
INNOVATE**
INNOVAZIONE NEI SERVIZI