

LE IMPRESE ITALIANE NELLE RETI PRODUTTIVE INTERNAZIONALI

IL RUOLO DELLA DIGITALIZZAZIONE



20
24



Ministero degli Affari Esteri
e della Cooperazione Internazionale

ITCA 
ITALIAN TRADE AGENCY

LE IMPRESE ITALIANE NELLE RETI PRODUTTIVE INTERNAZIONALI

IL RUOLO DELLA DIGITALIZZAZIONE

Lo studio è stato realizzato dal Nucleo Studi dell'Ufficio di supporto per la pianificazione strategica e il controllo di gestione dell'ICE-Agenzia (Direttrice: Laura Lauri).

Coordinamento: Cristina Castelli e Stefania Spingola (ICE).

Redazione testi: Francesco Manaresi (Banca d'Italia); Stefano Costa e Claudio Vicarelli (Istat); Valentina Carlini (Politiche per il Digitale e Filiere, Scienze della Vita e Ricerca, Confindustria), Gianluca Fiorindi (Piccola Industria Confindustria), Cristina Pensa (Centro Studi Confindustria).

Gli approfondimenti sulle tecnologie digitali sono a cura dell'Osservatorio Export Digitale, Osservatori Digital Innovation, School of Management del Politecnico di Milano.

Il Rapporto è stato redatto con le informazioni disponibili a settembre 2023.

Le opinioni espresse nel Rapporto sono riferibili agli autori e non riflettono necessariamente le opinioni dell'istituzione di appartenenza.

Impaginazione grafica: Alessia Greco, Irene Luca, Vincenzo Lioi (ICE).

Si ringraziano inoltre per la collaborazione: Rosa Buonocore e Maurizio Motta (ICE)

La realizzazione del Rapporto è stata possibile grazie al contributo del Monte dei Paschi di Siena

La versione digitale del Rapporto è disponibile sul sito www.ice.it alla pagina: ice.it/studi-e-rapporti

Contatti: analisi.studi@ice.it

ICE - Agenzia per la promozione all'estero e l'internazionalizzazione delle imprese italiane

Via Liszt, 21 - 00144 Roma

INDICE

EXECUTIVE SUMMARY	7	3. LE STRATEGIE DELLE IMPRESE ITALIANE E GLI EFFETTI DELLA PANDEMIA	47
1. LEGAMI TEORICI ED EVIDENZE DALLA LETTERATURA INTERNAZIONALE	15		
1.1 L'impatto della digitalizzazione sul settore produttivo: evidenze dai paesi OCSE	16	3.1 Digitalizzazione e internazionalizzazione delle imprese italiane alla vigilia della crisi Covid	48
1.2 Digitalizzazione e internazionalizzazione delle imprese	21	3.1.1 La digitalizzazione delle imprese nella fase di ripresa 2014-2017	49
1.3 Digitalizzazione, internazionalizzazione e Covid-19	24	3.1.2 I profili della trasformazione digitale	53
		3.1.3 L'internazionalizzazione delle imprese italiane	56
		3.1.4 Digitalizzazione e internazionalizzazione delle imprese italiane prima della crisi pandemica	59
2. L'ITALIA NEL CONFRONTO INTERNAZIONALE	27	3.2 L'impatto della crisi da Covid-19 sul sistema produttivo italiano	60
2.1 Il gap digitale italiano	28	3.2.1 Effetti della crisi Covid sui processi di digitalizzazione e internazionalizzazione delle imprese italiane	61
2.2 L'internazionalizzazione del settore produttivo italiano	33	3.3 Le scelte di digitalizzazione e internazionalizzazione all'uscita dalla crisi Covid-19	63
2.3 Digitalizzazione e internazionalizzazione: evidenze da dati settoriali	38	3.4 Conclusioni	68
Bibliografia	42	Appendice: dati e metodologia	69
Nota metodologica	45	Bibliografia	72

APPROFONDIMENTI	75		
Additive manufacturing	76	4.3 Le tecnologie digitali per l'internazionalizzazione	134
Internet of Things	82	4.4 Il network dell'innovazione 4.0: Digital Innovation Hub	136
Artificial Intelligence	90	4.4.1 I Digital Innovation Hub (DIH) di Confindustria: organizzazione, attività e progetti	137
Supply Chain Management	94	4.4.2 La collaborazione con i Competence Center	138
Blockchain	102		
4. LE BEST PRACTICE DELLE IMPRESE ITALIANE E IL RUOLO DEI DIGITAL INNOVATION HUB	111	4.5 Conclusioni	140
		Bibliografia	141
		Appendice	143
		Questionario	148
Introduzione	112		
4.1 Gli effetti non lineari della digitalizzazione sull'internazionalizzazione	114		
4.1.1 Il processo di digitalizzazione emerso dalle imprese intervistate	114		
4.1.2 I principali processi digitali che favoriscono l'internazionalizzazione dell'impresa	118		
4.1.3 Digitalizzazione, investimenti diretti esteri e gestione della catena di fornitura	124		
4.1.4 Digitalizzazione e sostenibilità	126		
4.2 Sintesi dei risultati	128		

EXECUTIVE SUMMARY

Executive Summary

Negli ultimi venti anni le tecnologie digitali hanno progressivamente toccato ogni ambito del processo produttivo, agevolando l'internazionalizzazione e il funzionamento delle reti produttive internazionali (catene globali del valore, GVC).

Lo scopo di questo studio è di esaminare, da più punti di vista, come la digitalizzazione e in particolare le tecnologie "di frontiera" stanno trasformando i processi di internazionalizzazione, portando alla luce le implicazioni per gli scambi internazionali e come hanno reagito le imprese italiane dopo la crisi pandemica. I legami tra digitalizzazione e internazionalizzazione sono ancora poco studiati dalla letteratura economica e manageriale: approfondire le opportunità e le sfide che si pongono nell'adottare le tecnologie digitali volte a sostenere l'internazionalizzazione, specie le più avanzate, è importante per poter disegnare politiche efficaci, in grado di sostenere una crescita economica inclusiva e resiliente.

Sulla base di tali premesse, lo studio è organizzato in quattro capitoli. Il primo offre un quadro teorico e una breve rassegna della letteratura economica e manageriale sui temi legati alla digitalizzazione, ai processi produttivi e all'internazionalizzazione. I successivi capitoli 2 e 3 presentano alcune evidenze empiriche riguardanti l'Italia, sia nel confronto internazionale con i paesi OCSE, sia attraverso l'analisi di dati di impresa di fonte Istat nel periodo pre-Covid 19: in particolare, si presentano i risultati di una stima per valutare se la digitalizzazione abbia rappresentato per le imprese italiane un fattore di resilienza nell'affrontare la crisi pandemica. La parte analitica trova un riscontro nel quarto capitolo, dove sono presentati gli esiti di un Focus Group attraverso il quale 31 imprese, in maggior parte appartenenti al comparto manifatturiero, hanno riportato le loro esperienze e commentato il ruolo dei processi digitali per l'internazionalizzazione. A completamento, una raccolta di cinque schede consente di approfondire nel dettaglio alcune tra le tecnologie digitali citate nei vari capitoli (Blockchain, Intelligenza artificiale, Internet of Things, Manifattura additiva e Supply Chain Management), evidenziando per ciascuna di esse vantaggi, criticità e campi di applicazione.

1. Digitalizzazione e internazionalizzazione sono processi cruciali per le imprese e sono tra loro interconnessi: le tecnologie veicolano i flussi informativi tra le imprese e all'interno di esse, incrementando l'efficienza delle transazioni, l'accesso a una rete più ampia ed efficiente di fornitori e a nuovi mercati di sbocco per i propri prodotti e servizi. D'altra parte, l'efficientamento della produzione connesso alla digitalizzazione consente alle imprese di migliorare la loro competitività internazionale attraverso l'introduzione di processi produttivi più flessibili, necessari per adattarsi velocemente a shock di domanda o di offerta lungo la catena del valore.
2. Vari studi condotti dall'OCSE considerano le implicazioni per il commercio internazionale di alcune tecnologie digitali più avanzate, tra cui la manifattura additiva (stampa 3D), i processi produttivi interconnessi (Internet delle cose) e l'utilizzo di algoritmi di Intelligenza artificiale (IA). L'adozione di stampanti 3D sembra avere un impatto positivo sul commercio internazionale: da una parte essa si associa ad un incremento dell'export, dall'altro non sono stati rilevati effetti di sostituzione in riferimento all'import di beni realizzabili *in house* attraverso tali tecnologie. Nel caso dell'Internet delle cose (Internet of Things - IoT), le stime mostrano una riduzione nei costi del commercio attraverso l'integrazione dei flussi informativi, un miglioramento del controllo qualitativo dei prodotti, la riduzione di sprechi e di scorte di beni intermedi lungo la filiera produttiva. L'Intelligenza artificiale ha il potenziale di

cambiare molti aspetti del commercio internazionale, ottimizzando ad esempio la logistica, facilitando la traduzione e la comprensione delle procedure doganali e riducendo i costi delle relazioni con clienti e fornitori. Gli effetti sull'internazionalizzazione delle imprese possono essere duplici: da una parte la digitalizzazione può favorire la frammentazione geografica delle catene del valore e l'*offshoring* grazie ai migliori flussi informativi. Dall'altra, tecnologie quali l'automazione avanzata possono sostituire la manodopera meno qualificata con investimenti di capitale (materiale e immateriale), riducendo la spinta all'*offshoring*.

3. L'importanza dei processi di digitalizzazione è cresciuta notevolmente negli ultimi anni, determinando un'accelerazione alla crescita della competitività e dell'internazionalizzazione. La diffusione di questo processo è stata tuttavia eterogenea: per una larga quota di imprese più piccole e più giovani, minori tassi di diffusione delle tecnologie digitali hanno determinato rendimenti più contenuti, accrescendo la divergenza nei tassi di crescita della produttività e favorendo una maggiore concentrazione industriale. La minore competitività delle imprese più giovani ridurrebbe inoltre gli incentivi a creare nuovi business, facendo decrescere la natalità d'impresa.
4. La pandemia ha conferito una ulteriore spinta alla digitalizzazione: se da un lato la crisi sanitaria ha fortemente colpito le economie mondiali, dall'altro ha incrementato l'utilizzo di strumenti digitali per l'organizzazione del lavoro e stimolato l'utilizzo dell'e-commerce, favorendo innovazioni organizzative e di processo per rendere la produzione più efficiente e flessibile. Anche in questo caso, il processo di digitalizzazione indotto dalla pandemia non è stato omogeneo: in un crescente numero di paesi OCSE le evidenze sono concordi nell'indicare che gli investimenti in digitalizzazione e *training* dei lavoratori sui temi ICT siano stati effettuati in gran parte da imprese che erano più produttive e digitalizzate da prima della crisi.
5. Come evidenziato da un crescente numero di ricerche, anche per l'Italia il ruolo delle competenze manageriali appare cruciale nello spiegare il successo dell'impresa, sia nell'ambito della trasformazione digitale sia in quello dell'internazionalizzazione: una recente analisi svolta da ricercatori dell'OCSE, della Banca d'Italia e dell'Istat mostra infatti come imprese con un management più qualificato abbiano raggiunto più elevati tassi di adozione delle tecnologie digitali, e come tali imprese riportino anche rendimenti più elevati dall'adozione di tali tecnologie, rispetto a imprese dotate di un management meno qualificato.
6. In particolare per quanto riguarda gli investimenti in asset intangibili, esiste un gap nei confronti dei principali partner internazionali dell'Italia che rappresenta una delle cause della stagnazione della produttività italiana. Il gap digitale italiano ha un carattere eterogeneo, variando per tipologia di tecnologia (concentrandosi sulle tecnologie digitali avanzate), per tipologia di asset intangibile complementare (essendo più forte per le competenze manageriali e dei lavoratori e nelle spese in ricerca e sviluppo) e per dimensione ed età delle imprese. L'evidenza empirica segnala in particolare una minore dotazione di competenze manageriali e tecniche nella forza lavoro, mentre risultano quasi inesistenti le differenze rispetto all'adozione di software gestionali. Da un confronto con gli Stati Uniti, si nota inoltre che il ricorso alle tecnologie digitali più avanzate risulta particolarmente basso per le imprese giovani e per quelle di micro-dimensioni, mentre appare più elevato nel caso delle imprese più grandi.
7. L'integrazione dell'economia italiana nelle catene globali del valore ha evidenziato, soprattutto a partire dal 2010, un significativo miglioramento, in particolare considerando il contributo delle esportazioni italiane al valore aggiunto delle esportazioni degli altri paesi (cd. *forward participation rate*). Aldilà del tasso di partecipazione alle catene

globali del valore, l'impatto che l'integrazione nelle GVC ha sulla produttività e l'innovazione di un paese dipende in gran parte dal suo posizionamento all'interno di tali catene. In proposito, la letteratura economica ha evidenziato come la "centralità" di un paese e di un settore (*forward e backward centrality* - ovvero la capacità di un settore-paese di essere un nodo chiave, ben connesso con il resto della rete) si associ a una maggiore crescita della produttività, soprattutto tra le imprese di minori dimensioni e meno produttive.

8. Sia il tasso di partecipazione alle GVC, sia la "centralità" nelle catene globali del valore appaiono essere correlate al grado di digitalizzazione del sistema produttivo e le evidenze presentate in questo studio mostrano l'esistenza di una relazione positiva tra digitalizzazione, *forward participation rate* e centralità nelle catene globali del valore. Utilizzando tale misura si osserva tuttavia come l'economia italiana abbia registrato - a partire dalla crisi finanziaria - una flessione della sua "centralità totale" nelle catene globali del valore, fenomeno che ha interessato la gran parte dei settori produttivi.
9. Il ricorso ai micro-dati d'impresa dell'Istat consente di indagare ulteriormente la relazione tra digitalizzazione e internazionalizzazione, e di analizzare - pur senza determinare dei veri e propri nessi causali - se gli investimenti in tecnologie digitali effettuati dalle imprese italiane siano stati uno degli elementi cruciali per affrontare la competizione internazionale nel periodo precedente il Covid-19 e se abbiano rappresentato quindi un fattore di resilienza per affrontare la crisi pandemica.
10. Con riferimento al sistema produttivo italiano, le tendenze macroeconomiche sottendono dinamiche molto eterogenee a livello di settore e di impresa. L'elevatissimo peso delle imprese di piccole e piccolissime dimensioni, a cui generalmente è associata una bassa produttività, limita di per sé il tasso di penetrazione delle nuove tecnologie poiché la loro adozione impone di sostenere una rilevante quota di *sunk costs*. Pertanto, digitalizzazione e internazionalizzazione possono avere rappresentato elementi di resilienza e di sviluppo in misura diversa a seconda dei diversi segmenti interessati.
11. Analizzando le scelte di investimento in digitalizzazione delle imprese italiane negli anni pre-pandemici, è possibile individuare nel sistema produttivo italiano diversi profili di propensione alla trasformazione digitale, in base alla tipologia di investimenti in tecnologie ICT effettuati nel triennio precedente. Sintetizzando i vari indicatori in uno solo, volto a rappresentare il grado di digitalizzazione delle imprese (basso-medio-alto), appare evidente che nel corso del decennio appena trascorso, il sistema produttivo italiano abbia registrato un processo di trasformazione digitale, seppure fortemente condizionato da elementi settoriali e dimensionali. In particolare, sembrano essere legati alla dimensione d'impresa gli investimenti nelle aree più innovative: ad esempio, il cloud e l'analisi di Big Data sono stati prescelti da oltre una impresa su due tra quelle con almeno 250 addetti, mentre tecnologie connesse alla realtà aumentata, alla stampa 3D e alla robotica avanzata hanno coinvolto un numero limitato di unità di grandi dimensioni.
12. Con riguardo all'internazionalizzazione, alla fine dello scorso decennio e alla vigilia della crisi pandemica le imprese italiane operanti all'estero presentavano modalità operative caratterizzate in prevalenza da forme poco complesse, con una struttura che vedeva (con l'eccezione delle multinazionali a controllo italiano) le quote più consistenti di imprese impegnate nella sola attività di esportazione o di import-export, caratterizzate quindi da una dipendenza relativamente elevata dalla domanda interna.
13. Incrociando due tassonomie di imprese, relative rispettivamente al grado di digitalizzazione e alla modalità di internazionalizzazione adottata, si osserva che le imprese a bassa digitalizzazione rappresentano oltre il 70 per

cento di tutte le unità che operano solo sul mercato interno, e sono la maggioranza assoluta anche tra quelle che operano sui mercati internazionali secondo le modalità di internazionalizzazione meno evolute. All'opposto, le imprese ad alta digitalizzazione si concentrano in particolare nelle imprese multinazionali.

14. Nel decennio che precede la crisi pandemica emerge quindi una fotografia del sistema produttivo italiano contraddistinto da un processo dinamico di trasformazione digitale e di progressiva adozione di tecnologie avanzate, segnato da una significativa eterogeneità legata alle specificità strutturali delle nostre imprese. Questo processo è stato accompagnato da una lenta evoluzione verso forme più complesse di presenza nei mercati esteri, favorito a sua volta dal divario apertosi nel corso dello scorso decennio tra la dinamica della domanda interna (debole o stagnante) ed estera (più vivace).
15. La crisi pandemica ha determinato effetti profondi ed eterogenei sulle imprese e sui settori italiani, e l'impatto sul processo di digitalizzazione e internazionalizzazione è stato diversificato. Risultati basati sulla terza indagine Covid dell'Istat, in cui si analizzano nove fattori chiave, mostrano che le imprese sono state impegnate a rafforzare una serie di infrastrutture digitali ma appaiono ancora poco propense all'introduzione di processi e tecnologie più avanzati, potenzialmente capaci di forti impatti per innalzare la produttività, scontando probabilmente specificità settoriali oltre che una diffusione ancora limitata, specialmente tra le imprese medio-piccole. Sembra inoltre ricevere scarsa attenzione la formazione digitale, che pure risulta essere un elemento cruciale ai fini dell'adozione di queste tecnologie.
16. Una stima sul contributo che i due processi hanno fornito alla capacità delle imprese di realizzare fatturato durante la crisi e sulle prospettive di solidità economica per il primo semestre 2022, indica come un elevato grado di digitalizzazione abbia effettivamente favorito la crescita delle imprese nel difficile biennio 2020-2021, e che tale effetto è ulteriormente accresciuto se associato a forme di internazionalizzazione più avanzate, o a una maggiore propensione all'export.
17. Gli effetti della digitalizzazione in relazione alle diverse modalità di esposizione estera sono stati inoltre analizzati coinvolgendo direttamente alcune imprese in una serie di Focus Group. Secondo le 31 aziende partecipanti, la digitalizzazione ha un impatto positivo sui processi di internazionalizzazione, con effetti sia diretti che indiretti. Gli effetti indiretti riguardano i miglioramenti del processo produttivo e della competitività grazie a una serie di cambiamenti profondi apportati all'organizzazione dell'impresa, dalla diversificazione dei prodotti/dei fornitori alla servitizzazione dei prodotti (ovvero l'integrazione con servizi a valore aggiunto), a un maggiore controllo dei processi grazie a modelli *data driven*, a un aumento della resilienza, in virtù di una codificazione del processo produttivo e alla possibilità di operare a distanza. Inoltre, l'introduzione di una maggiore tracciabilità e sicurezza agevola gli scambi dentro e fuori la filiera, soprattutto in presenza di prodotti da certificare. Gli effetti diretti sull'internazionalizzazione delle imprese riguardano l'agevolazione dei rapporti commerciali - soprattutto con soggetti fuori dai confini nazionali - per via delle maggiori possibilità di connessione, ad esempio per gestire la catena di fornitura; il miglioramento dei processi di vendita grazie a una maggiore conoscenza del prodotto e alla riduzione dei processi intermedi; la possibilità di introdurre una maggiore customizzazione dei prodotti, attraverso tecnologie di produzione che consentono di produrre output *tailor-made* in tempi più ridotti, in base alla profilazione dei clienti o alla raccolta dei loro desiderata; la servitizzazione dei prodotti, che consente di arricchire l'offerta tradizionale con soluzioni innovative per il cliente in modo da conferire maggiore valore aggiunto; la riduzione del time-to-market.

18. La digitalizzazione dei processi produttivi consente un maggiore controllo sulla catena di fornitura, al fine di prevenire possibili interruzioni, come quelle sperimentate nella seconda metà del 2021. Tale esigenza è emersa nei Focus Group in modo talvolta diretto e talvolta indiretto, a seconda che fosse un'esperienza vissuta in questi ultimi anni o un problema attuale cui si vorrebbe trovare soluzione. In entrambi i casi sono emerse le potenzialità del digitale sia per la sostituzione di fornitori capaci di assicurare grandi lotti e a minor costo unitario, ma ritenuti oggi meno affidabili, sia per rafforzare la connessione digitale con la propria catena di fornitura in modo da rendere più rapida e tempestiva la risposta alle criticità. Peraltro, le imprese hanno sottolineato che la digitalizzazione beneficia di effetti di rete: se più aziende si digitalizzano all'interno di una filiera, il beneficio per ogni impresa dall'aumento del grado di digitalizzazione è superiore a quello che potrebbe ottenere se fosse l'unica.
19. I processi di digitalizzazione e di transizione ecologica si muovono insieme: lo scambio di dati tra le imprese diviene determinante per la certificazione reciproca di sostenibilità lungo la *supply chain* e ciò apre alla possibilità di individuare anche figure terze, in comune, per gestire efficacemente questo scambio. La standardizzazione e la condivisione dei dati, realizzata attraverso piattaforme digitali, può alleggerire la burocrazia tra imprese e quindi i costi transattivi, agevolando anche gli scambi internazionali.
20. Dai Focus Group è emerso come la digitalizzazione possa facilitare anche l'espansione estera attraverso la costituzione di filiali o di imprese associate, in quanto contribuisce a un migliore coordinamento tra gli *headquarter* e le sedi distaccate, con la possibilità di replicare esattamente l'impianto del paese di origine, nonché di attuare in tempo reale i controlli di tutti gli stadi del processo. Oltre a tali benefici diretti, vi sono effetti indiretti sui costi logistici: l'apertura di nuove sedi e lo spostamento della produzione nel luogo della domanda potrebbe facilitare enormemente l'efficienza produttiva anche in termini di gestione dei costi, rilevanti per le imprese italiane.
21. Appare inoltre evidente l'esistenza di una scala gerarchica delle tecnologie digitali: alcune tecnologie adottate dalle imprese ne abilitano altre e non tutte richiedono lo stesso grado di competenze per essere utilizzate; ad esempio, il livello tecnologico è un fattore cruciale per adottare una strategia di *supply chain* basata sull'Intelligenza artificiale. Strumenti di ERP (Enterprise Resource Planning) e CRM (Customer Relationship Management) sono tecnologie ritenute fondamentali dalle imprese, indipendentemente dal settore di appartenenza, tuttavia sono proprio le meno diffuse - di applicazione più complessa - quelle che possono assicurare un vantaggio competitivo.
22. Considerando i principali ostacoli alla diffusione della digitalizzazione nelle imprese, sia dalle analisi degli Osservatori del PoliMI sia dai Focus Group con le imprese è emersa una mancanza di competenze necessarie, ai vari livelli organizzativi (manageriali, di produzione, nelle aree di staff e supporto) e una difficoltà a reperire risorse adeguate sul mercato del lavoro.
23. In qualche caso è stata sottolineata l'avversione da parte di clienti o fornitori a introdurre tecnologie digitali per rendere più connessi i processi, o rendere "aumentati" i prodotti. Sistemi di software che non si integrano facilmente con altri, ad esempio con quelli adottati dai fornitori, possono rappresentare un problema specie in ambito internazionale. La gestione del cambiamento diventa dunque fondamentale, sia all'interno che all'esterno dell'azienda. Altre sfide cruciali riguardano i limiti - reali o percepiti - alla sicurezza dei propri dati nel caso di ricorso al cloud, la difficoltà a mantenere il controllo sui propri processi, il timore dell'affidamento a terzi di processi basati sull'Intelligenza artificiale che "nascondano" all'operatore, non adeguatamente formato, le fasi trasformative del

processo digitalizzato; infine l'esistenza di maggiori difficoltà a introdurre soluzioni digitali in processi o settori non facilmente digitalizzabili.

24. La maggior parte delle imprese che hanno partecipato ai Focus Group, sebbene dotate di tecnologie digitali diverse, hanno riconosciuto che il vincolo della formazione dei propri dipendenti è un fattore diffuso, con costi rilevanti e non perfettamente stimabili a monte. Spesso la digitalizzazione dei processi aziendali e la crescente automazione dell'analisi dei dati, anche attraverso strumenti di intelligenza artificiale, presentano infatti più di una sfida applicativa per l'imprenditore e l'organizzazione. Per questo, è ritenuto auspicabile il rafforzamento dei corsi di formazione in azienda, il supporto alle piccole imprese per realizzarli, e un potenziamento di strutture di riferimento sul territorio utili a far acquisire profondamente le nuove tecnologie nel più breve tempo possibile.
25. Un aspetto qualificante del Piano Industria 4.0 è l'aver disegnato un network per l'innovazione 4.0, affidato a Confindustria e a Rete Imprese Italia, dedicato alla sensibilizzazione e orientamento delle imprese e al trasferimento tecnologico, composto da due categorie di soggetti: i Competence Center (CC) e i Digital Innovation Hub (DIH). Questi rappresentano il punto di riferimento per le imprese che vogliono avvicinarsi a Industria 4.0, conoscerne le opportunità, sperimentare le tecnologie digitali e definire progetti per integrarle nei processi produttivi.

**LEGAMI TEORICI ED EVIDENZE
DALLA LETTERATURA
INTERNAZIONALE**

1. Legami teorici ed evidenze dalla letteratura internazionale*

"Outsourcing is just one dimension of a much more fundamental thing happening today in the world... What happened [...] is that there was a massive investment in technology [...] [that] created a platform where intellectual work, intellectual capital could be delivered from anywhere. It could be disaggregated, delivered, distributed, produced, and put back together again-and this gave a whole new degree of freedom to the way we do work."

Thomas L. Friedman, *The World is Flat: a Brief History of the 21st Century*

Il processo di internazionalizzazione dell'attività dell'impresa è da sempre legato alle tecnologie disponibili. Nel XX secolo, il commercio internazionale è stato rivoluzionato dall'utilizzo dei container standardizzati (Levinson 2016); ancor prima, nel XIX il piroscafo ha profondamente modificato il trasporto marittimo (Pascali 2017). È ragionevole pensare dunque che anche la rivoluzione digitale abbia avuto e stia avendo un impatto significativo sulla internazionalizzazione delle imprese e sui flussi di valore internazionale.

Scopo di questo capitolo è discutere i canali con cui la rivoluzione digitale sta trasformando il processo di internazionalizzazione, analizzando il tema da un punto di vista teorico e sulla base delle recenti evidenze empiriche. Le tecnologie digitali sono ormai un perno cruciale del sistema di commercio internazionale: come si vedrà in questo capitolo, esse supportano il funzionamento delle catene globali del valore veicolando i flussi informativi tra le imprese e all'interno di esse e integrandoli sempre più tra loro.

Le tecnologie digitali hanno inoltre caratteristiche peculiari, quali il loro utilizzo intensivo di capitale immateriale, e ciò ha forti implicazioni per la struttura dei mercati, per la crescita economica e per le politiche pubbliche.

1.1 L'impatto della digitalizzazione sul settore produttivo: evidenze dai paesi OCSE

Da oltre venti anni la digitalizzazione ha progressivamente toccato ogni ambito del processo produttivo. La crescente importanza del nuovo paradigma tecnologico si rileva nei dati aggregati, con una crescita della quota degli investimenti in capitale fisico ICT in rapporto al PIL (più che raddoppiata tra il 1995 e il 2018, superando l'1 per cento del PIL nella media dei paesi OCSE).

La trasformazione digitale non si realizza solo attraverso l'introduzione di capitale fisico (come computer, hardware, o

* Redatto da Francesco Manaresi (Banca d'Italia).

macchinari interconnessi) nell'azienda. Per poter effettivamente beneficiare delle tecnologie digitali, l'azienda necessita anche di investire in capitale immateriale (informazione digitalizzata, attività innovativa, e, soprattutto, competenze tecniche, organizzative e manageriali). Gli investimenti in asset immateriali, cruciale complemento degli asset fisici, sono così cresciuti in modo significativo nell'ultimo trentennio: secondo i dati di contabilità nazionale (che -come vedremo- misurano solo un sottoinsieme parziale del totale degli asset immateriali), tra il 1995 e il 2018 essi sono passati da poco più del 3 per cento al 6 per cento del PIL nella media OCSE.

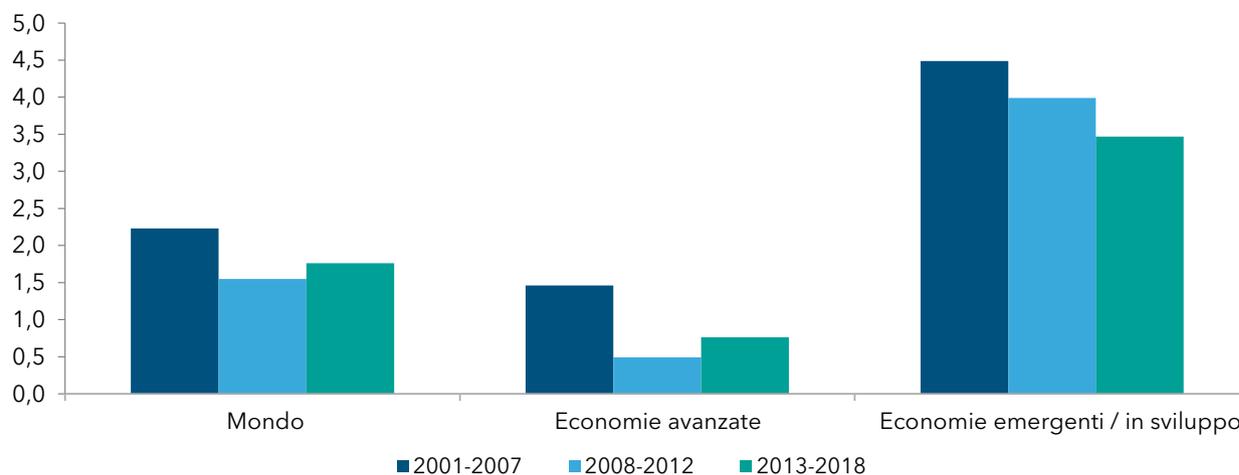
L'interazione tra tecnologie ICT e capitale immateriale consente all'impresa di effettuare una completa trasformazione digitale, che riorganizza la produzione attorno a nuovi e più integrati flussi informativi, per massimizzare la produttività e la resilienza dell'azienda.

La trasformazione digitale fornisce alle imprese nuove opportunità e maggiori rendimenti in ogni aspetto dell'attività produttiva attraverso:

- *Guadagni di efficienza nella produzione d'impresa*: l'adozione di tecnologie digitali incrementa la produttività delle imprese, in particolare quando essa si abbina ad adeguate competenze nella forza lavoro e nel management (Draca et al. 2009, Syverson 2011).
- *Una maggiore integrazione dei processi produttivi lungo la filiera del valore* (Kano et al. 2020): il rafforzamento dei flussi informativi si estende al di là dei confini dell'azienda, per interessare i rapporti con i fornitori, i clienti, ed in ultimo l'intera catena del valore di cui fa parte l'azienda.
- *L'intensificazione dell'innovazione organizzativa* (Bloom et al. 2018), volta ad individuare continuamente nuovi e flessibili modelli di business capaci di sfruttare le opportunità fornite dall'innovazione tecnologica: flussi informativi più integrati e più puntuali permettono all'impresa di cogliere quasi in tempo reale i cambiamenti di mercato. A tali cambiamenti deve corrispondere uno sforzo continuativo di innovazione nell'organizzazione e nei processi. Le tecnologie digitali consentono di sviluppare nuovi modelli di business e nuove strutture organizzative che determinano incrementi di produttività.
- *La creazione di nuova domanda e di nuovi mercati* (Sjodin et al. 2020): l'adozione di tecnologie digitali a valle delle catene del valore crea nuova domanda di beni e servizi digitali, inoltre attraverso le tecnologie ICT l'impresa può raggiungere più facilmente nuovi mercati di sbocco.
- *Il rafforzamento dell'attività di innovazione di prodotto delle imprese* (OCSE 2020a), con guadagni di produttività per l'attività di ricerca e sviluppo provenienti dall'integrazione tra competenze umane e nuove tecnologie digitali. L'utilizzo di tecnologie digitali è ormai un prerequisito per tutte le attività innovative: evidenze empiriche, anche per l'Italia (Calvino et al. 2022), mostrano come tali tecnologie incrementino la capacità di realizzare brevetti e il rendimento economico della attività in ricerca e sviluppo.

A dispetto delle sue enormi potenzialità a livello di impresa e del suo crescente contributo al valore aggiunto, l'affermarsi della transizione digitale si è accompagnata al rallentamento della crescita della produttività aggregata (Ribeiro et al. 2017). Il grafico 1.1 mostra come il tasso di crescita annuale della produttività del lavoro (misurata come rapporto tra PIL e forza lavoro occupata) si sia ridotto dal 2,2 per cento degli anni precedenti alla crisi finanziaria del 2008-09 all'1,7 per cento del periodo 2013-2018. Tale andamento si osserva sia nelle economie avanzate sia in quelle emergenti e in via di sviluppo.

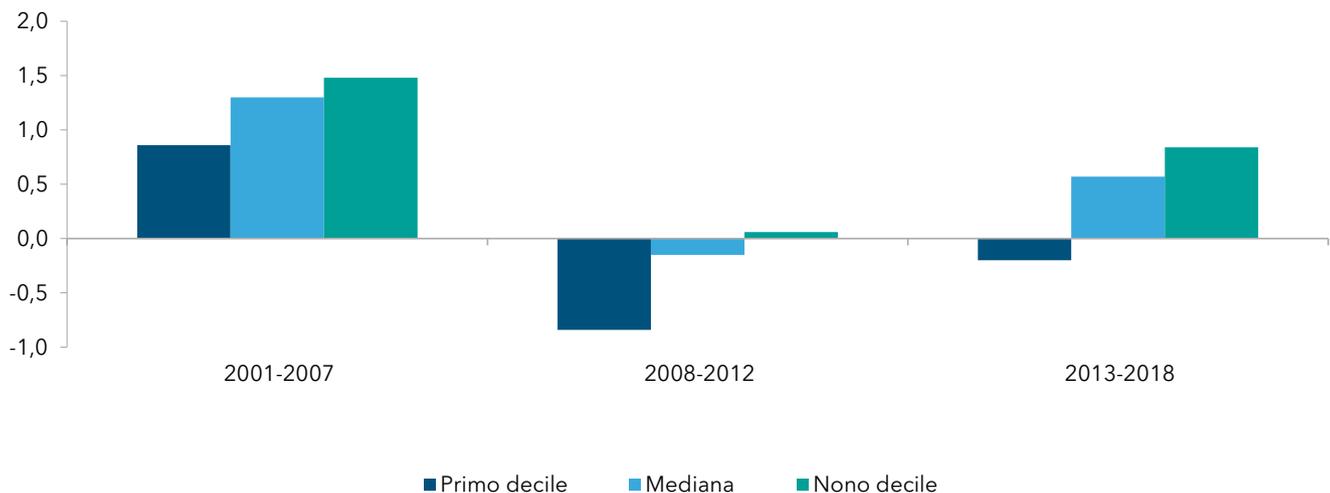
Grafico 1.1 - Tasso di crescita medio annuale della produttività del lavoro. Valori percentuali



Fonte: elaborazioni su dati Banca Mondiale

Il rallentamento nella crescita della produttività non è però stato omogeneo tra le imprese. In particolare, le imprese meno produttive hanno sperimentato un più forte rallentamento (Berlingieri et al. 2017). Secondo i dati del progetto MultiProd provenienti da 12 paesi OCSE, il tasso di crescita della produttività del lavoro delle imprese meno produttive (corrispondenti al primo decile della distribuzione della produttività) ha rallentato dallo 0,86 per cento di prima della crisi al -0,2 per cento del periodo 2013-2018 (grafico 1.2). Per le imprese più produttive (corrispondenti al nono decile della distribuzione), la produttività ha rallentato, ma meno fortemente, passando da 1,48 per cento a 0,84 per cento. La differenza nei tassi di crescita tra le imprese più e meno produttive è così cresciuta nel periodo (passando da 0,6 a 1 punto percentuale).

Grafico 1.2 - Tasso di crescita medio annuale della produttività del lavoro per decili della distribuzione della produttività. Valori percentuali



Fonte: OCSE - MultiProd

Si è registrata così una divergenza nella crescita della produttività tra le imprese che si è associata ad altri preoccupanti andamenti macroeconomici, quali un aumento della concentrazione industriale e dei mark-up (Bajgar et al. 2019), un declino dei tassi di natalità di nuove imprese (Calvino et al. 2020), ed un aumento della disuguaglianza salariale (OCSE 2021a).

Un crescente numero di ricerche individua nella digitalizzazione un importante fattore per spiegare tali fenomeni in modo coerente e integrato (DeRidder 2021; Akcigit e Ates 2020; Andrews, Criscuolo e Gal 2016). Cruciale è l'interazione tra asset fisici digitali e interconnessi ed asset immateriali ad essi complementari. La letteratura (Corrado et al. 2015) individua tre principali categorie di asset immateriali: l'informazione digitalizzata (nella forma di database e software), i beni legati all'attività innovativa (ricerca e sviluppo, brevetti, design industriali) e quelli legati alle cosiddette "competenze economiche". Questa ultima categoria raccoglie vari asset immateriali dell'impresa, che spaziano dalle capacità manageriali e organizzative, alle competenze dei lavoratori, fino alle attività di *training*.

Ciò che accomuna (pur in modo diverso) tutti i tre tipi di asset immateriali sono quattro caratteristiche, conosciute come le "4 S", dalle cinque parole inglesi: *scalability*, *sunkness*, *spillovers*, *synergies* (Haskel e Westlake 2018). Gli asset immateriali hanno elevate economie di scala (si pensi alla capacità di un software o di un algoritmo di Intelligenza artificiale di essere applicato a dati di enormi dimensioni, con rendimenti di scala crescenti), eppure gli investimenti in essi sono tipicamente *sunk* (irrecuperabili) rendendoli difficili da finanziare a credito. Essi generano forti *spillover* su altre imprese, ed infine sono caratterizzati da forti sinergie tra loro (si pensi a come il rendimento dell'utilizzo di algoritmi di IA aumenti con la dimensione delle basi dati, e di come l'azienda necessiti di specifiche capacità manageriali e organizzative e competenze lavorative per poter riorganizzare la propria produzione intorno al lavoro della IA).

Queste caratteristiche degli asset immateriali li rendono più difficili da accumulare per le imprese più piccole, più

giovani, o meno produttive ed il loro utilizzo fornisce a queste imprese rendimenti meno elevati rispetto ad imprese più grandi e più produttive (Calvino et al. 2022).

La ridotta diffusione delle tecnologie digitali e i loro più bassi rendimenti per una larga quota di imprese spiegherebbe la divergenza nei tassi di crescita della produttività, l'incremento della concentrazione industriale e dei mark-up. La minore competitività delle imprese più giovani ridurrebbe inoltre gli incentivi a creare nuovi business, facendo decrescere la natalità d'impresa (Calvino et al. 2020).

La ridotta diffusione tecnologica avrebbe un ruolo cruciale nello spiegare il rallentamento della produttività anche tra le imprese più efficienti. Modelli macroeconomici di crescita "endogena" (che analizzano il ruolo dell'attività innovativa dell'impresa e della concorrenza fatta da altri competitor) mostrano come una minore pressione competitiva da parte delle imprese meno produttive, possa ridurre l'incentivo ad innovare nelle aziende alla frontiera della produttività (De Ridder 2021). La minore innovazione si rifletterebbe in una ridotta crescita della loro produttività.

Infine, la mancata diffusione delle tecnologie digitali e dei loro rendimenti avrebbe anche un ruolo nello spiegare l'incremento della disuguaglianza salariale. Le evidenze mostrano infatti come tale disuguaglianza dipenda soprattutto dall'incremento delle differenze salariali tra imprese, piuttosto che dalle differenze all'interno dell'impresa (Berlingieri et al. 2017).

Queste ipotesi sono sostenute da evidenze che mostrano come la divergenza nella produttività tra imprese, l'incremento della concentrazione industriale e il calo della natalità d'impresa siano più marcati nei settori e paesi che utilizzano più intensamente gli asset immateriali o che utilizzano più intensamente le tecnologie digitali (Criscuolo et al. 2022).

Questi risultati evidenziano la rilevanza della eterogeneità tra imprese nello spiegare l'andamento della crescita aggregata, ed hanno specifiche implicazioni per le politiche pubbliche. Esse devono ad un tempo sostenere l'innovazione delle imprese più produttive e favorire la diffusione dei benefici della digitalizzazione verso quelle meno produttive. Il sostegno all'innovazione passa dagli incentivi alla ricerca e sviluppo (Appelt et al. 2021), dal supporto alle start-up e PMI innovative (Menon et al. 2019), dal rafforzamento degli ecosistemi dell'innovazione (Criscuolo et al. 2022b). Per favorire la diffusione della trasformazione digitale è necessario favorire l'accesso ai capitali per il finanziamento degli asset immateriali, ma soprattutto sostenere l'accumulazione delle competenze economiche, che appaiono cruciali nello spiegare il rallentamento delle imprese meno produttive. Le competenze dei lavoratori e dei manager possono essere rafforzate anche grazie a programmi di supporto al *training* ed alle consulenze manageriali e organizzative (Manaresi et al. 2022). Più in generale, rimane importante sostenere e rafforzare le spinte competitive all'interno dei mercati, attraverso politiche per la concorrenza che possano affrontare le sfide della competizione e collusione nell'economia digitale (OCSE 2022).

1.2 Digitalizzazione e internazionalizzazione delle imprese

Gli elementi che caratterizzano la trasformazione digitale, sia dal lato delle sue opportunità sia da quello delle sue sfide, hanno implicazioni per il processo di internazionalizzazione delle imprese e più in generale per la struttura delle catene globali del valore.

Grazie alla digitalizzazione i flussi informativi diventano più intensi consentendo una maggiore integrazione, una riduzione del rischio di controparte ed un incremento dell'efficienza delle transazioni, e l'accesso a una rete più ampia ed efficiente di fornitori. L'efficientamento della produzione consente alle imprese di migliorare la loro competitività internazionale, e si può associare all'introduzione di processi produttivi più flessibili, necessari per adattarsi velocemente a shock di domanda o di offerta lungo la catena del valore.

I miglioramenti organizzativi determinati dalla digitalizzazione consentono all'impresa di essere meglio in grado di ristrutturarsi per la sua internazionalizzazione e di potersi meglio adattare a un contesto globale sempre più incerto. Attraverso l'utilizzo delle tecnologie ICT si possono inoltre raggiungere nuovi mercati di sbocco per i propri prodotti e servizi. Infine, le tecnologie digitali stanno favorendo una ristrutturazione delle reti innovative globali, con l'emergere di nuovi poli di innovazione e di nuovi attori quali le start-up e le PMI innovative (Castellani et al. 2022).

Le innovazioni nell'ambito delle tecnologie dell'informazione, nonché in quello delle tecnologie dei trasporti, hanno guidato l'emergere delle moderne GVC almeno dagli anni '80 del Novecento (Baldwin 2006). La produzione si è frammentata, distribuendosi su un più ampio numero di paesi, e ciò ha sostenuto l'espansione del commercio mondiale, che nel periodo 1995-2010 è cresciuto ad un tasso doppio rispetto a quello del PIL mondiale (Cigna et al. 2022). Vari indicatori di partecipazione alle catene globali del valore, come quelli che misurano la quota di commercio indiretto sul totale dell'export (Borin e Mancini 2019) o quelli che misurano la quota di export di beni e servizi intermedi sul totale del valore aggiunto (Wang et al. 2017), mostrano andamenti fortemente crescenti nel periodo 1995-2008 (WTO 2022). Il processo di globalizzazione ha rallentato fortemente a partire dalla crisi finanziaria. Negli anni successivi ad essa, il tasso di partecipazione alle GVC è rimasto pressoché costante fino alla fine 2020. Nell'anno della crisi del Covid-19 gli indicatori hanno conosciuto una flessione, pur rimanendo in linea con la media del decennio. La letteratura lega questi andamenti a processi economici strutturali nei paesi che svolgono un ruolo centrale nel network delle GVC (McKinsey 2019).

Il legame tra internazionalizzazione e digitalizzazione è un argomento relativamente poco studiato nella letteratura economica e di management. Una meta-analisi condotta sui paper di *management studies* su questo tema mostra come la ricerca si sia evoluta nel corso del tempo e identifica quattro fasi (Bergamaschi et al. 2019). La letteratura di management ha infatti dapprima analizzato la questione della riorganizzazione della produzione tra imprese (1996-2004). Si è poi mossa ad analizzare come la digitalizzazione modifichi i rischi e i rendimenti della internazionalizzazione (2005-2009) e come la digitalizzazione possa influenzare diverse forme di internazionalizzazione (2010-2014), fino a valutare più recentemente i processi di riorganizzazione interna alla impresa (2015-2019).

Fernandez e Rodriguez (2022) individuano alcuni canali chiave per capire l'impatto delle tecnologie digitali sulla internazionalizzazione delle imprese. Da una parte la digitalizzazione, grazie ai migliori flussi informativi, favorisce la frammentazione geografica delle catene del valore e l'*offshoring*. Dall'altra, la digitalizzazione introduce tecnologie, quali l'automazione avanzata, che sostituiscono la manodopera meno qualificata con investimenti di capitale (materiale e immateriale), riducendo la spinta all'*offshoring*.

Le evidenze empiriche della letteratura economica sull'impatto delle tecnologie digitali riguardanti la partecipazione alle GVC è ancora molto limitata: un recente studio di Aksoy et al. (2022) sfrutta dati sulle transazioni *business2business*, effettuate dalle imprese turche nel periodo 2011-2019, e informazioni circa la copertura della connessione a Internet a banda larga sul territorio della Turchia per studiare come un più veloce accesso a Internet influenzi l'accesso ai fornitori da parte dell'azienda. I risultati mostrano come la banda larga consenta alle imprese di aumentare il numero dei propri fornitori, di aumentare la quota di beni e servizi importati sul totale dei beni e servizi intermedi acquistati, e di poter utilizzare meno forniture da parte dei grandi distributori.

La digitalizzazione può avere effetti ambigui anche sulla struttura del controllo societario lungo la GVC: le tecnologie digitali riducono infatti sia i costi di transazione tra imprese dello stesso gruppo, sia tra imprese di gruppi diversi. Empiricamente, il crescente ruolo delle multinazionali nei flussi di valore globale sembra indicare che il primo effetto sia dominante (Cadestin et al. 2018).

La digitalizzazione ha rilevanti implicazioni anche sulla misurazione degli scambi internazionali. Una parte crescente dei flussi di valore riguarda il commercio di servizi e di asset immateriali, che sono particolarmente difficili da individuare e da valutare correttamente. Ciò può portare a notevoli distorsioni, per esempio sottostimando l'entità dell'export statunitense in Cina, fortemente basato su beni immateriali (WTO 2022).

Una recente letteratura si concentra proprio sul ruolo che gli asset immateriali hanno nel definire la struttura delle GVC. Durand e Milberg (2018) discutono di come gli asset immateriali costituiscano una quota crescente dei flussi di valore tra paesi e come vi sia una forte intensità di asset immateriali nei segmenti chiave della catena del valore, quali quelli vicini al consumo finale nella GVC del commercio o quelli nell'ultimo stadio di produzione per le catene del valore legate alla manifattura. Le caratteristiche strutturali degli asset immateriali, ed in particolare le forti economie di scala che li caratterizzano, favoriscono una distribuzione non omogenea dei beni immateriali tra paesi e dunque dei rendimenti della globalizzazione.

Jona-Lasinio e Meliciani (2018) studiano empiricamente la complementarità tra accumulazione di asset immateriali e partecipazione alle GVC nell'influenzare la dinamica della produttività. L'analisi sfrutta dati settoriali sugli investimenti immateriali per nove paesi europei nel periodo 1998-2013, uniti ai dati del World Input Output Database ed ai dati sulla contabilità della crescita dai Conti Nazionali. I risultati mostrano come la partecipazione alle catene del valore abbia un effetto positivo sulla produttività del lavoro, e che questo effetto è più forte nei settori e paesi che sono caratterizzati da una più elevata intensità di utilizzo degli asset immateriali. Lo studio prova infine a distinguere il ruolo dei diversi tipi di investimenti immateriali, identificando un ruolo particolarmente rilevante per le competenze organizzative e manageriali.

Il ruolo delle competenze manageriali nello spiegare il successo dell'impresa sia nell'ambito della trasformazione digitale sia in quello della internazionalizzazione è evidenziato da un crescente numero di ricerche, anche per l'Italia. Una recente analisi svolta da ricercatori dell'OCSE, della Banca d'Italia e dell'Istat (Calvino et al. 2022) mostra come (a parità di altre caratteristiche) imprese con management più qualificato abbiano più elevati tassi di adozione di tecnologie digitali, e come tali imprese riportino anche rendimenti più elevati dall'adozione di tali tecnologie rispetto a imprese con management meno qualificato.

Manaresi et al. (2022) studia la relazione tra competenze manageriali e internazionalizzazione dell'impresa attraverso la valutazione di una politica introdotta dal Ministero dello Sviluppo Economico italiano nel 2016 che fornisce un *voucher* alle imprese per sostenere le loro spese in consulenze per l'internazionalizzazione da parte di *Temporary export manager*. L'analisi sfrutta la modalità di assegnazione dei *voucher* tra le imprese richiedenti: essi sono rilasciati in base all'ordine di invio della domanda. Le domande sono state ricevute in un *click day*, nel quale le risorse disponibili si sono esaurite in pochi minuti. Confrontando gli andamenti delle imprese che hanno fatto domanda pochi secondi *prima* che le risorse stanziare si esaurissero con gli andamenti delle imprese che hanno fatto domanda poco *dopo* tale momento, lo studio individua l'effetto causale dell'incremento delle capacità manageriali relative all'internazionalizzazione sulla performance di imprese. I risultati mostrano che un miglioramento di tali capacità consenta alle imprese di ristrutturare la propria produzione, assumendo nuovi occupati, accumulando più capitale e in ultimo incrementando l'export e l'import, il prodotto, la redditività e la produttività. È interessante notare che le analisi di eterogeneità che sfruttano informazioni sui servizi forniti dai vari *Temporary export manager* mostrano come l'effetto della consulenza sia maggiore quando essa interessa sia la internazionalizzazione sia la digitalizzazione della produzione.

L'impatto della trasformazione digitale sulla internazionalizzazione è stato oggetto di ampio interesse nell'ambito della letteratura di policy, che ha considerato le implicazioni per il commercio internazionale delle più avanzate tecnologie digitali, quali la stampa 3D, i processi produttivi interconnessi (Internet delle cose) e l'utilizzo di algoritmi di Intelligenza artificiale (IA).

Nel caso della stampa 3D (anche definita manifattura additiva), una recente analisi ha considerato le implicazioni teoriche della diffusione della tecnologia sul commercio internazionale ed ha fornito alcune prime evidenze empiriche (OCSE 2021a). Lo studio individua un impatto a priori ambiguo da un punto di vista teorico, dipendendo in gran parte da cosa viene prodotto con la stampa 3D e da come lo si produce. In generale, la manifattura additiva ha maggiori potenzialità di applicazione laddove il bene viene prodotto su piccola scala, poiché all'aumentare del volume di produzione le tecnologie tradizionali continuano a fornire più bassi costi marginali. Ciò può avvenire quando la produzione riguarda beni che beneficiano di una elevata customizzazione, nonché nell'ambito dei prototipi industriali. Come nel caso delle tecnologie tradizionali, anche i modelli di produzione della manifattura additiva possono essere accentrati o distribuiti. Nel primo caso, hub geografici concentrano la produzione 3D e successivamente riforniscono una rete di fornitori locali, nel secondo caso si posiziona la produzione più vicino alla domanda finale. Nonostante, come detto, la stampa 3D sia caratterizzata da un punto di vista tecnologico da un maggiore rendimento a basse economie di scala, studi che si sono concentrati sui beni intermedi dell'industria aerea e sanitaria hanno rilevato più elevati costi nei modelli di business distribuiti, anche a causa della necessità

di personale tecnico per l'utilizzo delle stampanti: queste competenze determinerebbero forme di economia di scala che favoriscono i modelli accentrati. L'analisi empirica ha cercato di stimare se l'utilizzo della tecnologia sia un complemento o un sostituto al commercio dei beni, stimando la correlazione tra l'adozione di stampanti 3D e l'export e import di prodotti stampabili. I risultati sono in linea con l'ipotesi di complementarità: l'adozione di stampanti 3D avrebbe un impatto positivo sull'export, mentre non vi sarebbero evidenze di effetti di sostituzione con l'import di beni producibili *in house* attraverso tali tecnologie.

Nel caso dell'Internet delle cose (*Internet of Things - IoT*), il primo impatto teorico che ci si può attendere è una riduzione nei costi del commercio, attraverso una integrazione dei flussi informativi e un miglioramento del controllo qualitativo dei prodotti, riducendo sprechi e scorte di beni intermedi lungo la filiera produttiva (WTO 2018). È stato stimato, per esempio, che l'utilizzo di tecnologie IoT nei container può migliorare il tasso di utilizzo dei container del 10-25 per cento (Lund e Manyika 2016).

Gli enormi flussi di dati generati dalle tecnologie digitali necessitano di algoritmi avanzati di *data analysis* per essere sfruttati, come quelli elaborati nell'ambito della IA. Come osservato da Ferencz et al. (2022), la relazione tra IA e internazionalizzazione è bidirezionale. Da una parte l'IA ha il potenziale di cambiare molti aspetti del commercio internazionale: ad esempio ottimizzando la logistica, facilitando la traduzione e la comprensione delle procedure doganali e riducendo i costi delle relazioni con clienti e fornitori (p.e. con l'utilizzo dei *chatbot*). D'altra parte il commercio internazionale, con l'integrazione dei flussi informativi, alimenta esso stesso lo sviluppo degli algoritmi di IA. Si tratta di un processo ancora in divenire, per il quale impatti quantitativi sono ancora di difficile valutazione. Ciononostante Ferencz et al. (2022) nota come un crescente numero di accordi regionali sul commercio includano specifiche disposizioni sui flussi di dati che hanno impatti sullo sviluppo della IA, come le disposizioni riguardanti i temi della protezione delle informazioni personali, della *privacy* e della *cybersecurity*.

1.3 Digitalizzazione, internazionalizzazione e Covid-19

Il Covid-19 ha rappresentato uno shock unico per l'economia globale, con un impatto sia dal lato dell'offerta (con la limitata mobilità dei lavoratori e delle merci e con l'incremento nella incertezza economica) sia da quello della domanda (che ha risentito sia della crisi del turismo sia della flessione della domanda di beni intermedi e di investimenti materiali). La crisi del Covid-19 ha però anche rappresentato una importante spinta alla digitalizzazione dell'economia. Le restrizioni alla mobilità hanno incrementato l'utilizzo di strumenti digitali per l'organizzazione dei flussi di lavoro tra dipendenti e per il lavoro da remoto. La domanda, sia da parte delle imprese sia da parte dei consumatori finali, si è spostata più fortemente sulle soluzioni online, favorendo lo sviluppo dell'e-commerce. Infine, la crisi stessa ha reso necessario per molte imprese cercare nuovi modelli di business, nuove innovazioni organizzative e di processo per rendere la produzione più efficiente e flessibile. Le tecnologie digitali hanno risposto a questa necessità di innovazione e ristrutturazione.

Vi sono ampie evidenze dell'intensificarsi della trasformazione digitale dell'economia durante la crisi del Covid-19. Sfruttando i dati trimestrali di contabilità nazionale si può osservare come gli investimenti in capitale immateriale non siano stati colpiti particolarmente dalla crisi, aumentando significativamente in percentuale sul totale degli investimenti aggregati (Crisuolo 2021). I dati mensili sulla natalità di impresa provenienti dal database *Timely Indicators of Entrepreneurship* gestito dall'OCSE, mostrano come le start-up siano cresciute significativamente, dopo una iniziale caduta nel primo lockdown, e che in molti paesi i tassi di natalità sono ora più elevati che prima della crisi (Verlhac et al. 2022). Evidenze dai dati individuali di impresa negli USA sembrano mostrare che queste nuove start-up, attive soprattutto nel commercio e nel settore dell'ICT, sfruttino nuovi modelli di business digitali.

Tale rinnovato processo di digitalizzazione non è stato però omogeneo tra le imprese. Le evidenze di un crescente numero di paesi OCSE sono concordi nell'indicare come gli investimenti in digitalizzazione e *training* dei lavoratori sui temi ICT siano stati effettuati in gran parte da imprese più produttive e digitalizzate fin da prima della crisi. Il Covid-19 sembrerebbe dunque aver determinato un incremento delle differenze di produttività e dunque una minore diffusione tecnologica tra le imprese.

La crisi del Covid-19 ha chiaramente rappresentato uno shock anche per le catene del valore globale. Il volume del commercio mondiale in beni si è contratto di oltre il 12 per cento nel secondo trimestre del 2020, quello in servizi di oltre il 20 per cento (FMI 2022). Il commercio in beni ha però ripreso con sorprendente velocità, ritornando sui livelli precedenti alla crisi in due trimestri e continuando a crescere successivamente. Per contro, il commercio globale in servizi ha superato il livello precedente alla crisi nel secondo trimestre 2022 (in volume). Allo shock pandemico hanno fatto seguito ulteriori crisi generate dalla guerra in Ucraina e dal forte incremento dei prezzi (in particolare di quelli energetici). Sebbene vi siano ancora limitate informazioni sugli impatti che questa sequenza di crisi globali sta avendo sulle catene del valore, si può già individuare come il dibattito politico si sia fortemente riorientato verso la necessità di affiancare all'obiettivo di rafforzare l'integrazione dell'economia e delle imprese nelle GVC quello di garantire una adeguata *resilienza* del sistema produttivo.

Quale ruolo può giocare la digitalizzazione nella resilienza delle catene del valore? Per rispondere a questa domanda è utile distinguere due diverse strategie per incrementare la resilienza di un sistema economico. Da una parte vi è la riduzione ex-ante del rischio, ovvero la riduzione dell'impatto potenziale dello shock e della probabilità che tale shock avvenga; l'altra strategia è quella dell'adattamento, ovvero la capacità del sistema economico di reagire velocemente allo shock e tornare a crescere (Schwellnuss et al. 2023). I processi di digitalizzazione della informazione possono essere particolarmente efficaci nel rafforzare la flessibilità dei sistemi produttivi e dunque favorirne l'adattamento agli shock.

In conclusione, la letteratura che lega digitalizzazione a internazionalizzazione è ancora relativamente scarsa, nelle scienze economiche più che in quelle manageriali. Capire meglio le opportunità e le sfide per l'internazionalizzazione delle imprese costituite dalle tecnologie digitali, incluse quelle più avanzate come l'Intelligenza artificiale, rimane un campo di indagine cruciale per poter disegnare politiche efficaci volte a sostenere una crescita economica inclusiva e resiliente in una epoca di frequenti crisi sistemiche.

L'ITALIA NEL CONFRONTO INTERNAZIONALE

2. L'Italia nel confronto internazionale*

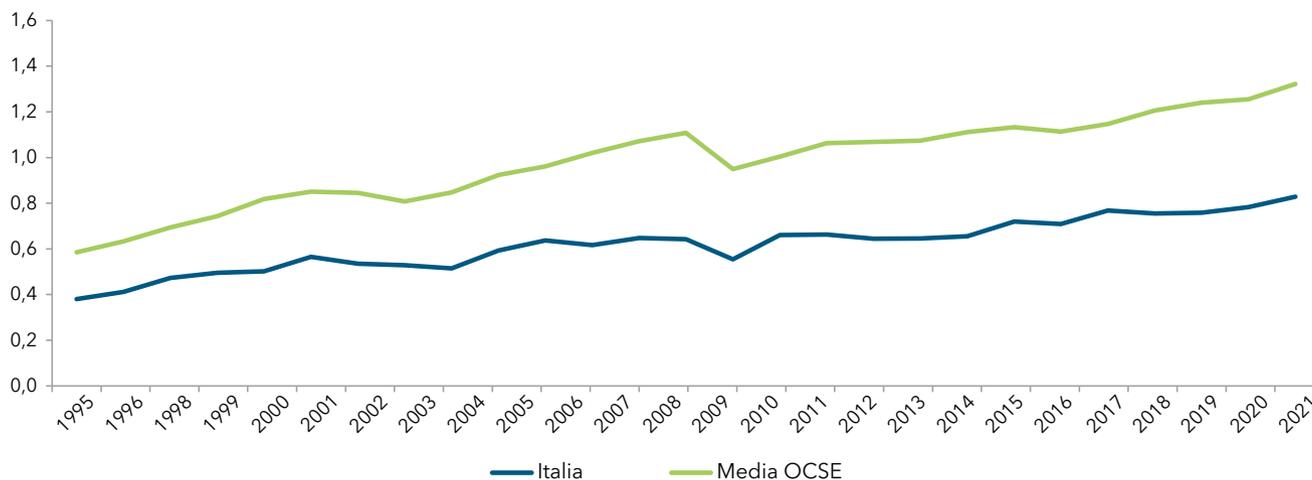
Questa sezione fornisce alcune evidenze descrittive riguardanti la trasformazione digitale delle imprese italiane, la loro internazionalizzazione, ed il rapporto tra questi due fenomeni, comparando gli andamenti macroeconomici dell'Italia con quelli rilevati nella media dei paesi OCSE. La sezione comincia delineando l'andamento della digitalizzazione in Italia e discutendo il "gap digitale italiano" (Calvino et al. 2022). Successivamente si analizzano gli andamenti del processo di internazionalizzazione del settore produttivo, discutendone i trend di lungo periodo generalmente poco soddisfacenti, ed identificando segnali di un più recente miglioramento negli anni subito precedenti al Covid-19. Infine, la sezione conclude fornendo i risultati di alcune correlazioni tra gli indicatori di digitalizzazione e quelli di internazionalizzazione dei settori. Tali risultati, pur suggestivi di un legame positivo tra i due fenomeni, soffrono di forti limitazioni dovute alla mancanza di dati a livello di impresa. Tali limitazioni sono superate nel successivo capitolo che si occupa di analisi su dati di fonte Istat.

2.1 Il gap digitale italiano

La crescita della produttività di lungo periodo in Italia è stagnante da ormai quasi trenta anni (Bugamelli e Lotti 2018). Tra le varie spiegazioni di tale andamento, un ruolo prominente è ricoperto dalla mancata trasformazione digitale delle imprese italiane (Calvino et al. 2022). Il gap digitale è evidente anche osservando l'economia in aggregato. Il grafico 2.1 riporta l'andamento degli investimenti in capitale fisso ICT sul PIL del paese, e lo confronta con la media dei paesi OCSE che forniscono questi dati. La distanza tra la performance OCSE e quella italiana non si è ridotta nel corso del tempo, posizionandosi a circa 0,5 punti percentuali di PIL nel 2021.

Grafico 2.1 - Investimenti in capitale fisso ICT in rapporto al PIL, Italia e media dei paesi OCSE

Valori percentuali



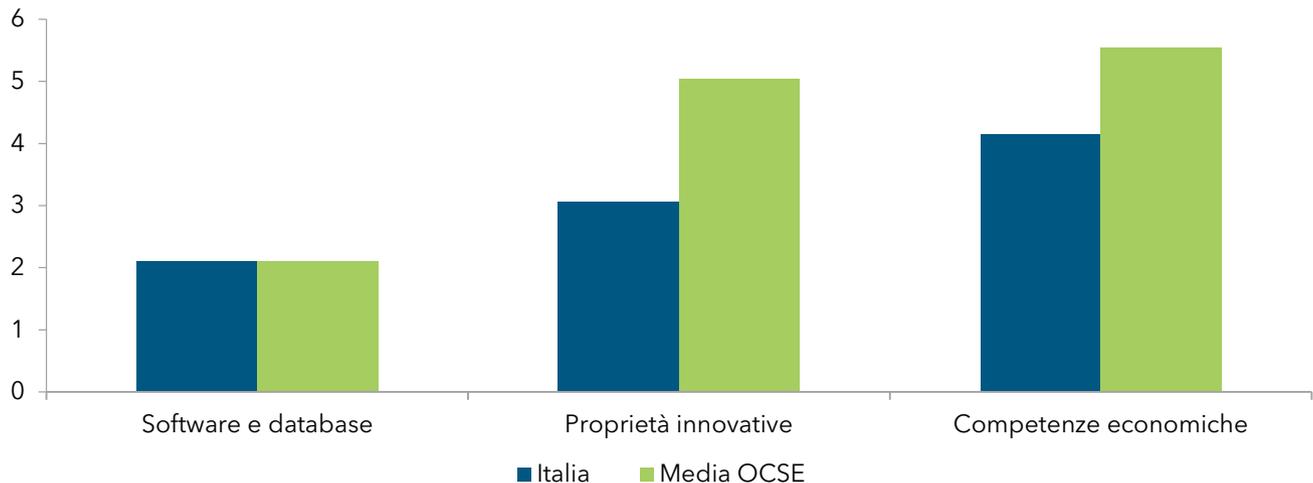
Fonte: OCSE Stats

* Redatto da Francesco Manaresi (Banca d'Italia)

Come discusso nel capitolo 1, la trasformazione digitale non consiste però soltanto di capitale fisico, ma è supportata dall'accumulazione di asset immateriali ad esso complementari. I dati di contabilità nazionale forniscono però un quadro molto parziale di tali beni immateriali, concentrandosi su alcune categorie di asset quali la spesa in ricerca e sviluppo ed i beni di proprietà intellettuale. Inoltre, un confronto internazionale può essere viziato dall'utilizzo di standard di bilancio diversi per le imprese tra paesi. Per ovviare a questi problemi, il progetto INTAN-INVEST ha sviluppato misure settoriali di investimenti immateriali armonizzate e confrontabili per un ampio insieme di paesi OCSE. I dati del progetto INTAN-INVEST consentono di confrontare l'Italia con un *benchmark* di paesi OCSE¹. Tra gli asset intangibili, si distinguono tre macro-categorie: il software e database, il valore della proprietà innovativa e quello delle "competenze economiche" dell'impresa. Nel grafico 2.2, per ciascuna di queste macro-categorie, si compara la quota di investimenti in rapporto al PIL nel periodo 2016-2018 in Italia con quelli registrati nella media dei paesi OCSE. I risultati mostrano come il gap nell'accumulazione di asset intangibili sia particolarmente rilevante tra le proprietà innovative e tra le competenze economiche. Analizziamo dunque più in dettaglio ciascuna di queste due macro-categorie.

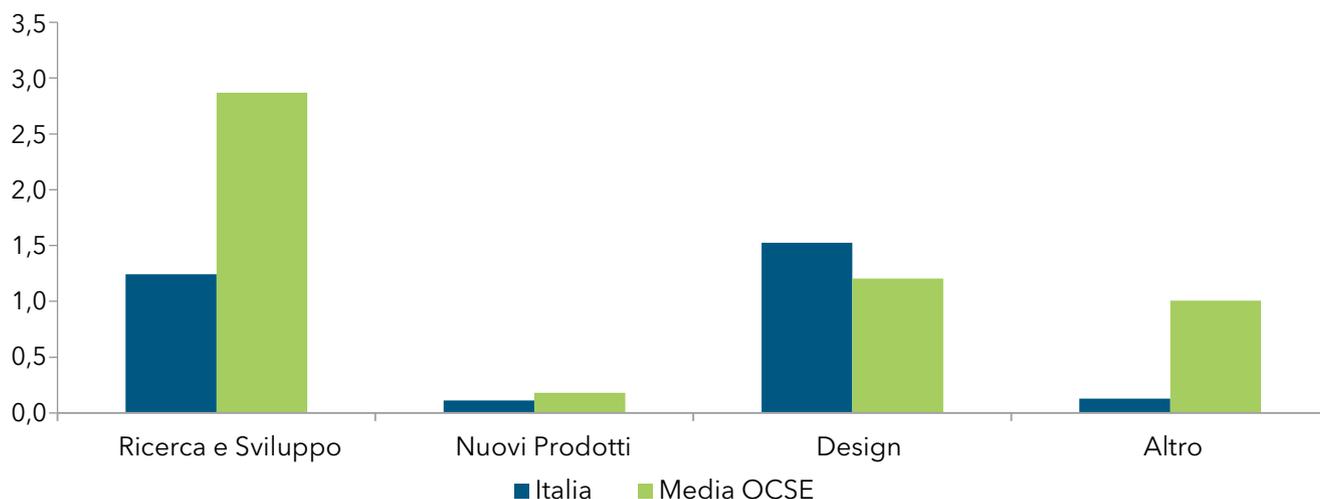
Grafico 2.2 - Investimenti in beni intangibili, Italia e media dei paesi OCSE

Investimenti fissi lordi in capitale intangibile sul totale del PIL, per macro-categoria



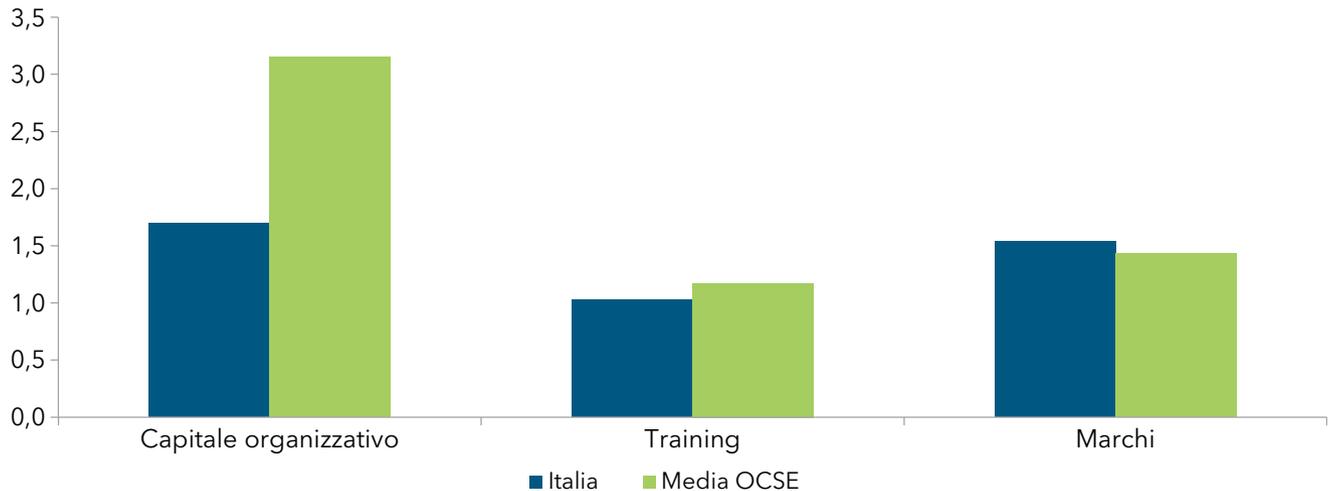
Fonte: elaborazioni su dati INTAN-INVEST

¹ Il confronto riguarda l'insieme della manifattura, delle costruzioni e del settore privato non finanziario.

Grafico 2.3 - Investimenti in proprietà innovative, Italia e media dei paesi OCSE*Investimenti fissi lordi in capitale intangibile sul totale del PIL, 2016-2018**Fonte: elaborazioni su dati INTAN-INVEST*

Tra gli asset collegati a proprietà innovative della impresa, si distinguono le spese in ricerca e sviluppo, il valore dei nuovi prodotti (p.e. i brevetti), il design industriale, ed infine una categoria residuale che raccoglie il valore di asset minerari e artistici. I risultati, riportati nel grafico 2.3, mostrano come la peggiore performance dell'economia italiana si possa attribuire in particolare alla ricerca e sviluppo (insieme alla categoria residuale). Tra le competenze economiche si identificano il capitale organizzativo (ovvero il complesso di conoscenze e competenze organizzative e manageriali dell'azienda e del suo management), il *training*, ed il valore dei marchi aziendali. In questo caso, il gap italiano si concentra tra il capitale organizzativo e manageriale e nel *training*.

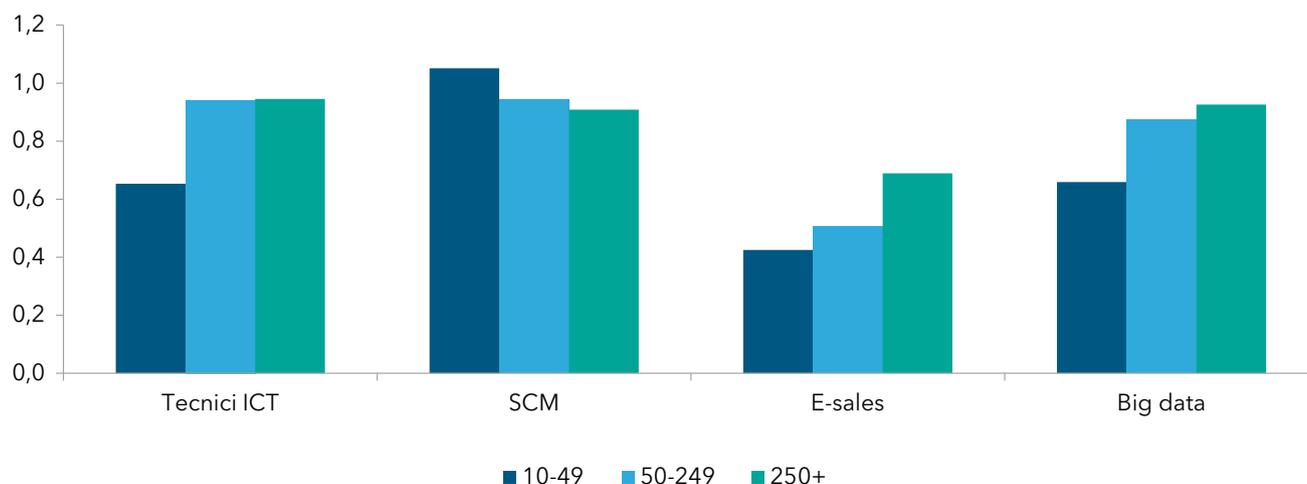
Il peso delle minori competenze di lavoratori e manager è al centro di una crescente letteratura economica, anche per l'Italia, che mostra gli effetti che tale ritardo ha avuto e sta avendo sulla produttività aggregata proprio a causa della sua complementarità con le tecnologie digitali (Schivardi e Schmitz 2022). Tale ritardo non è omogeneo tra imprese. Una prima evidenza descrittiva di tale eterogeneità proviene dai dati delle ICT *survey* internazionali, che raccolgono informazioni sull'utilizzo di *training* per i lavoratori per rafforzare le loro competenze ICT. I dati forniscono anche il dettaglio di tali variabili per tre classi dimensionali di impresa: piccole (10-49 addetti), medie (50-249) e grandi (250+).

Grafico 2.4 - Investimenti in competenze economiche, Italia e media dei paesi OCSE*Investimenti fissi lordi in capitale intangibile sul totale del PIL, 2016-2018**Fonte: elaborazioni su dati INTAN-INVEST*

Il grafico 2.5 mostra il rapporto tra valore riportato dalle imprese italiane rispetto a quello riportato dalla media dei paesi OCSE per alcune variabili disponibili nelle indagini ICT. Il primo set di risultati rileva un gap nell'adozione delle imprese italiane (il rapporto tra i tassi di adozione è inferiore a 1) che appare più forte per le imprese di minori dimensioni. Nel caso della quota di tecnici ICT sul totale della forza lavoro, per le imprese di piccole dimensioni italiane essa è pari a circa il 65 per cento di quella riportata da imprese di pari dimensioni che sono attive in altri paesi OCSE. Per le imprese più grandi il gap è molto più ridotto, intorno al 5 per cento. Simili differenziali si rilevano anche per la probabilità di aver effettuato almeno una assunzione di personale ICT nel corso dell'anno (Calvino et al. 2022). Si conferma infine anche nei dati delle ICT survey il ritardo italiano nell'ambito del *training* della forza lavoro, in particolare rivolto alle competenze ICT. Anche in questo caso la variabile riporta importanti gradienti dimensionali, essendo maggiore per le imprese di piccola dimensione.

Grafico 2.5 - Rapporto tra tassi registrati in Italia e nella media dei paesi OCSE nella adozione di competenze e tecnologie digitali, per classe dimensionale d'impresa (n.addetti).

Punti percentuali 2016 -2018



Fonte: elaborazioni su dati delle Indagini ICT

Migliori performance si rilevano nell'ambito dei software di Customer Relationship Management (CRM) e di Supply Chain Management (SCM), volti ad efficientare i rapporti con, rispettivamente, i clienti ed i fornitori lungo la catena del valore. Il grafico 2.5, in particolare mostra come il rapporto tra tassi di adozione di software gestionali registrati in Italia sia sostanzialmente in linea con quelli riportati nella media dei paesi OCSE. Il ritardo nei tassi di adozione delle imprese più grandi potrebbe segnalare però un elemento di minore competitività nel confronto internazionale.

Altre tecnologie digitali mostrano tassi di adozione meno soddisfacenti. Il grafico 2.5 mostra poi come la quota di imprese italiane di piccola dimensione che utilizzano l'*e-sales* sia appena pari al 40 per cento di quello registrato nella media dei paesi OCSE. Per le imprese di grandi dimensioni il dato, pur migliorando, rimane inferiore al 70 per cento. Un forte ritardo si può osservare anche nell'adozione di tecnologie volte allo sfruttamento dei cosiddetti *Big Data*. Anche in questo caso il differenziale mostra un forte gradiente dimensionale.²

Le tecnologie *Big Data* fanno parte di un più ampio set di tecnologie digitali avanzate che la recente letteratura empirica mostra essere cruciali per conseguire elevati guadagni di produttività nelle imprese. Sfruttando i micro-dati Istat del Censimento permanente delle imprese del 2018, si può osservare come l'adozione di tali tecnologie vari per classe di dimensione e di età delle imprese, e appare interessante confrontare tali tassi di adozione con quelli rilevati negli Stati Uniti per lo stesso anno da Zolas et al. (2020).³

2 Evidenze non riportate nel grafico mostrano che nel caso dell'adozione di tecnologie cloud l'Italia registra tassi superiori (di circa il 10 per cento) rispetto ai valori rilevati nei paesi OCSE.

3 Gli Stati Uniti sono l'unico altro paese OCSE oltre all'Italia che ad oggi abbia pubblicato la scomposizione per età e dimensione dei tassi di adozione di tecnologie digitali, sfruttando domande che sono in gran parte confrontabili con quelli del Censimento italiano. Si veda Calvino et al. (2022) per ulteriori chiarimenti circa tale confronto.

La tavola 2.1 riporta la differenza tra i tassi di adozione registrati in Italia e quelli riportati negli USA per ciascun gruppo definito dalla classe dimensionale e da quella di età. I tassi di adozione italiani risultano particolarmente più bassi (di circa 6-7 punti percentuali) per le imprese giovani (sotto i 5 anni) e per quelle di micro dimensioni (con meno di 10 addetti). Per contro, i tassi di adozione tra le imprese di grandi dimensioni appaiono più elevati di quelli registrati negli USA.

Questo risultato è in linea con le molte analisi che hanno rilevato la presenza nel sistema produttivo italiano di un grande numero di imprese di micro e piccola dimensione, che mostrano scarso dinamismo, soprattutto nei primi anni di vita (Manaresi 2015). Le imprese più grandi sono inferiori in numero e dunque più selezionate. La loro maggiore selezione si riflette nella più elevata adozione di tecnologie avanzate.

Tavola 2.1 - Adozione di tecnologie digitali - per dimensione ed età dell'impresa - anno 2018

(differenza tra tassi di adozione registrati in Italia e negli Stati Uniti)

Dimensione aziendale				
Età dell'azienda	1-9 addetti	10-49 addetti	50-249 addetti	250+ addetti
0-5 anni	-0.06	-0.06	-0.07	0
6-10 anni	-0.05	-0.03	0.01	0
11-20 anni	-0.04	0	0.08	0.14
21+ anni	-0.03	0.02	0.09	0.13

Fonte: Censimento permanente delle imprese italiane, Istat, e Zolas et al. (2020).

In conclusione, l'analisi identifica il carattere eterogeneo del gap digitale italiano, che varia per tipologia di tecnologia (concentrandosi sulle tecnologie digitali avanzate), per tipologia di asset intangibile complementare (essendo più forte per le competenze manageriali e dei lavoratori e nelle spese in ricerca e sviluppo) e per dimensione ed età delle imprese.

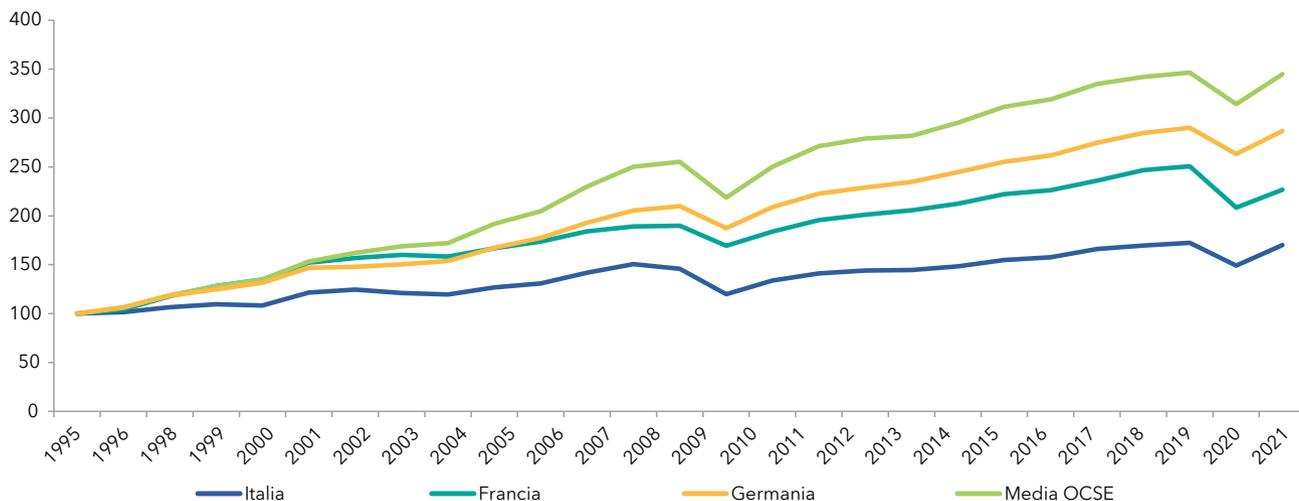
2.2 L'internazionalizzazione del settore produttivo italiano

L'export ha da sempre rappresentato una importante fonte di crescita del prodotto per l'economia italiana. Eppure per la gran parte degli ultimi 25 anni il processo di internazionalizzazione delle imprese italiane ha segnato il passo. Il grafico 2.6 mostra come il volume dell'export di beni e servizi abbia stagnato fino al 2008, per poi subire duramente l'impatto del *Great Trade Collapse* (il crollo del commercio internazionale registrato in tutto il mondo nel 2009 in conseguenza della crisi finanziaria). A partire dal 2010 si registra una dinamica positiva, ma appena prima della crisi del Covid-19 l'export era cresciuto di circa il 70 per cento rispetto ai suoi livelli del 1995, a fronte di un incremento di oltre il 190 nella media dei paesi OCSE.⁴

⁴ Nello stesso periodo, l'export è cresciuto di circa 10 punti percentuali in rapporto al PIL (al 35 per cento), in linea con quanto registrato in Francia ma meno di quanto osservato in Spagna, in Germania e nella media dei Paesi OCSE.

Grafico 2.6 - Export di beni e servizi

Prezzi costanti (1995=100)

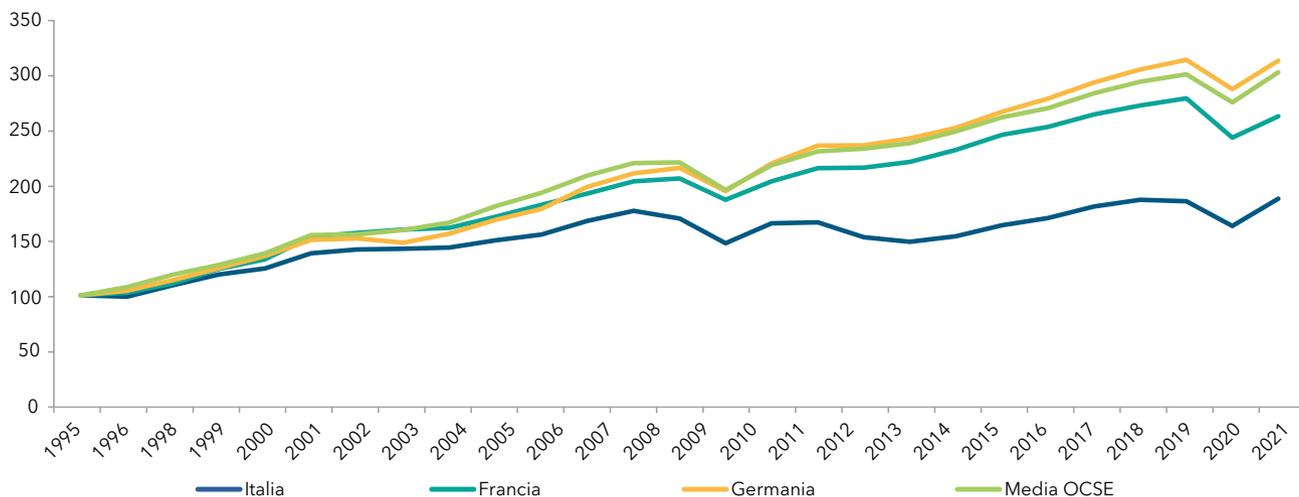


Fonte: elaborazioni su dati OCSE Statistics.

Anche dal lato dell'import di beni e servizi l'incremento registrato in Italia è risultato inferiore a quello della media OCSE e degli altri principali paesi dell'Unione Europea, crescendo di circa l'85 per cento nell'ultimo quarto di secolo (grafico 2.7). In percentuale del PIL, l'import, la cui dinamica ha sostanzialmente stagnato a partire dal 2008, ha raggiunto il 29 per cento, appena inferiore ai livelli di Spagna e Francia (33 e 31 per cento rispettivamente) e ben al di sotto della media della Germania e della media dei paesi OCSE (43 e 52 per cento).

Grafico 2.7 - Import di beni e servizi

Prezzi costanti (1995 = 100)



Fonte: elaborazioni su dati OCSE Statistics

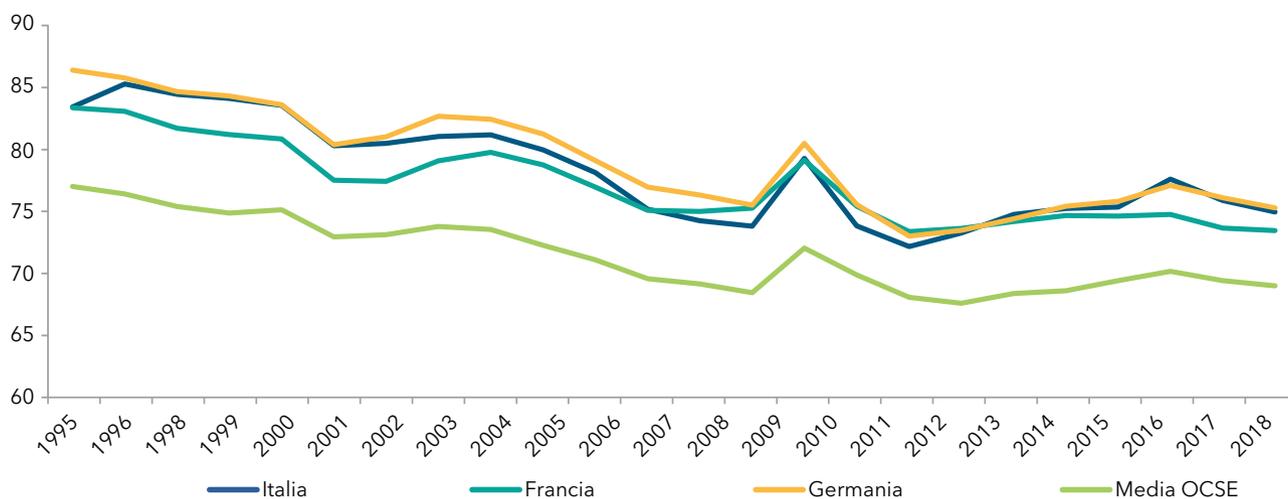
Uno studio della Banca d'Italia analizza i vari fattori che possono spiegare la scarsa dinamica dell'export tra la fine degli anni 2000 e la crisi finanziaria (Bugamelli et al. 2017). La ricerca identifica il ruolo prioritario di tre elementi: l'apprezzamento del tasso di cambio reale, l'iniziale specializzazione produttiva in favore di settori esposti alla concorrenza internazionale (in particolare a quella della Cina), e la distribuzione dimensionale delle imprese esportatrici italiane, caratterizzata da una maggiore rilevanza delle imprese di piccola dimensione. I tre fattori sono chiaramente collegati tra loro: l'apprezzamento del tasso di cambio avrebbe rafforzato la perdita di competitività avvenuta in conseguenza dell'ingresso di nuovi competitor internazionali; la ridotta dimensione aziendale degli esportatori italiani ne determinerebbe la più forte elasticità della loro domanda al tasso di cambio.

Oltre ai dati di export e import, le tabelle input/output consentono di studiare più approfonditamente le dinamiche di integrazione dell'economia italiana nelle catene globali del valore. In particolare, è importante analizzare come i beni e servizi commerciati dai vari paesi (inclusa l'Italia) siano il risultato di input produttivi che provengono da altri paesi e settori. A questo scopo, l'OCSE ha integrato ormai da tempo le tabelle input/output (*Inter-Country Input/Output Tables*, ICIOT) con il dettaglio del contributo in valore aggiunto al commercio internazionale (*Trade in Value Added*, TiVA). L'analisi seguente sfrutta la base dati ICIO/TiVA per analizzare l'evoluzione della partecipazione alle catene globali del valore dell'Italia.

Un primo indicatore rilevante è la quota di valore aggiunto domestico sul totale dell'export del paese (grafico 2.8). Tale quota si è ridotta in Italia da oltre l'85 per cento fino a circa il 77 per cento con lo scoppio della crisi finanziaria e del commercio globale del 2009, seguendo un trend simile a quello della media dei paesi OCSE e delle altre principali economie europee. I valori registrati ancora nel 2018 collocano l'Italia sui livelli della Germania, con un export che attiva una quota rilevante di valore aggiunto domestico.

Grafico 2.8 - Quota di valore aggiunto domestico sul totale dell'export

Valori percentuali

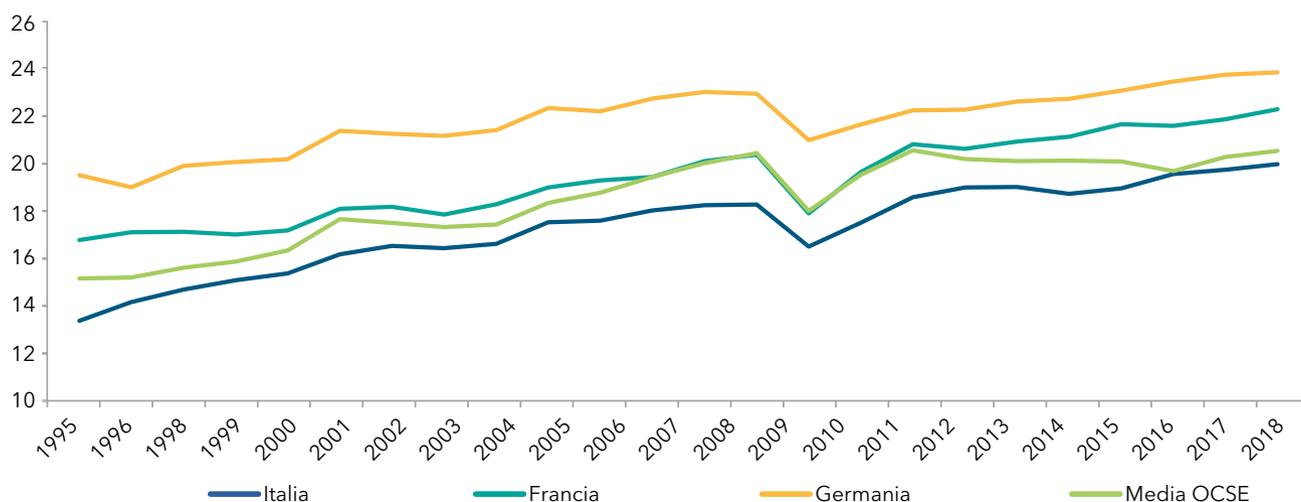


Fonte: elaborazioni su dati OCSE ICIO-TiVA

L'integrazione di un paese nelle catene globali del valore, d'altra parte, si riflette anche nella misura in cui il suo valore aggiunto è contenuto nell'export degli altri paesi. Per misurare tale indicatore si usa sovente il *forward participation rate*. Prendendo il caso dell'Italia, il suo *forward participation rate* misura la somma del valore aggiunto italiano contenuto nell'export di tutti gli altri paesi in rapporto al totale dell'export italiano (si veda l'appendice statistica per una derivazione formale). L'andamento di tale indicatore è raffigurato nel grafico 2.9. L'indicatore risulta inferiore ai livelli registrati nella media OCSE, in Germania e in Francia. Ciononostante, a partire dalla seconda metà degli anni 2010, si osserva una dinamica più sostenuta, che porta il paese sui livelli della media OCSE.

Grafico 2.9 - Forward participation rate

Quota di valore aggiunto del paese contenuto nell'export del resto del mondo sul totale dell'export del paese



Fonte: elaborazioni su dati OCSE ICIO-TIVA

Cosa ha determinato questo miglioramento della internazionalizzazione delle imprese italiane alle GVC? Diversi fattori sembrano avere giocato un ruolo. Alcuni possono determinare impatti positivi di lungo termine sulla competitività. In Italia a partire dal 2010 si è assistito ad una riallocazione delle quote di export italiano in favore di settori che sono meno esposti alla concorrenza cinese, quali l'*automotive* e la farmaceutica (Araujo et al. 2018; Bugamelli et al. 2017). All'interno dei settori, la crisi finanziaria e del commercio internazionale ha indotto le imprese più produttive a ristrutturare la loro organizzazione, migliorare la tecnologia di produzione, ed innovare, determinando un miglioramento della loro competitività sui mercati internazionali (Accetturo et al. 2016; Bugamelli e Lotti 2019). Vi sono poi fattori che potrebbero avere impatti di più breve termine, quali il deprezzamento nominale dell'euro e la temporanea ripresa della domanda estera (Bugamelli et al. 2017), che si è facilmente spenta con la seguente crisi del Covid-19.

Aldilà del tasso di partecipazione alle catene globali del valore, l'impatto della internazionalizzazione sulla produttività e l'innovazione di un paese dipende in gran parte dal suo posizionamento all'interno delle GVC. Un crescente numero di ricerche ha individuato nella centralità delle industrie di un paese all'interno delle GVC una determinante dell'impatto che tale partecipazione ha sulla produttività e sulla innovazione.

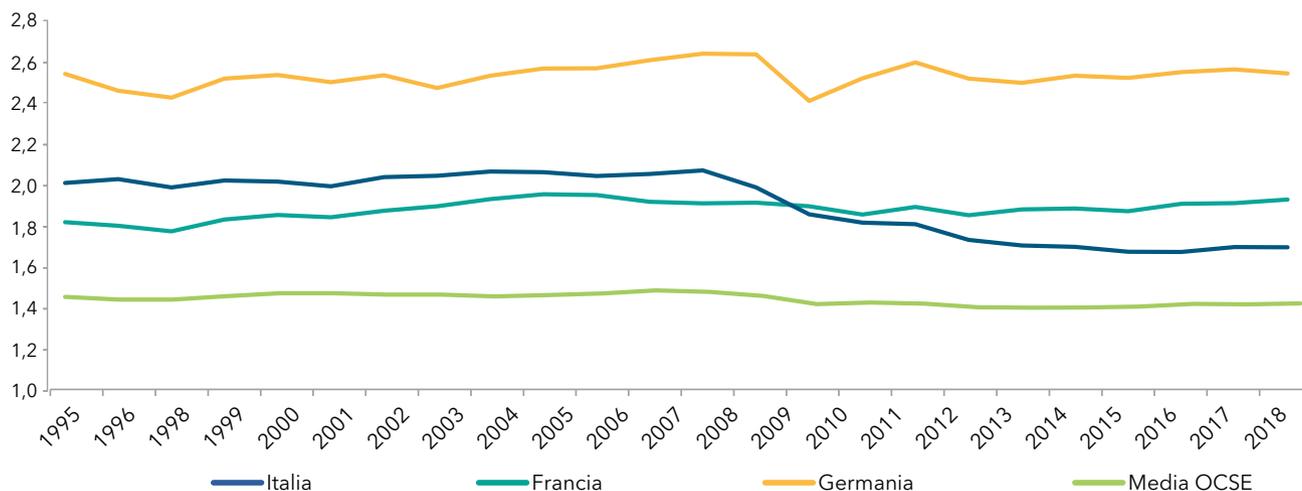
Per centralità si intende qui la capacità di un settore-paese di essere un nodo chiave, ben connesso con il resto della catena. Poiché i flussi di valore nei network delle GVC sono direzionati, è possibile misurare una centralità *forward*, quando il paese-settore è maggiormente connesso come fornitore della GVC, ed una centralità *backward*, quando il paese-settore è connesso come un *hub* di acquisti.

La letteratura ha individuato come la centralità di un paese e di un settore si associ ad una maggiore crescita della produttività, soprattutto delle sue imprese di minori dimensioni e meno produttive, che beneficiano di *spillover* positivi dalla partecipazione del settore alle GVC (Criscuolo e Timmis 2018b). Evidenze dal Giappone hanno mostrato inoltre un impatto positivo della centralità sulla innovazione (misurata dal numero di brevetti).

Il database ICIO/TiVA consente di misurare la centralità di ciascun paese-settore, sia come fornitore sia come compratore (*forward* e *backward centrality*, rispettivamente).⁵ La somma delle due dimensioni fornisce una misura della centralità totale del settore. Per fare un esempio concreto, il settore degli idrocarburi ha tipicamente una elevata *forward centrality*, poiché da esso origina una grande fonte di materie prime utilizzate nella produzione di beni e servizi a valle. Per contro, il commercio al dettaglio può avere livelli più elevati di *backward centrality*.

La misura di centralità utilizzata è quella di Bonacich-Katz (Criscuolo e Timmis 2018a) che misura l'influenza di un nodo in un network, considerando il numero di connessioni dirette e indirette ad esso (si veda la nota metodologica per una definizione formale). Utilizzando tale misura, si osserva come l'economia italiana abbia registrato a partire dalla crisi finanziaria una flessione della sua centralità totale nelle catene globali del valore (grafico 2.10). Tale flessione si osserva sia come fornitore (con una caduta durante la crisi finanziaria che non ha successivamente registrato un recupero) sia come compratore (con una flessione continua lungo il periodo 2008-2018). La riduzione della centralità è un fenomeno che ha interessato la gran parte dei settori produttivi, con l'eccezione delle attività nei servizi di alloggio e ristorazione, dell'istruzione, della sanità e della fornitura di acqua, reti fognarie e gestione dei rifiuti.

⁵ I dati sono disponibili a livello di settore ISIC A38. L'analisi ha scomposto la centralità anche tra quella nelle catene estere e domestiche del valore. I risultati commentati nel testo riflettono l'andamento della centralità nelle catene estere.

Grafico 2.10 - Centralità Totale nelle Catene del Valore*Centralità totale di Bonacich-Katz**Fonte: elaborazioni su dati OCSE ICIO-TiVA*

I risultati di questa sezione ottenuti attraverso indicatori macro forniscono dunque un quadro caratterizzato da elementi negativi e positivi nell'internazionalizzazione del sistema produttivo italiano. Da una parte si registra una sostanziale stagnazione dell'export totale, che non riesce a crescere come componente del PIL italiano. La quota di valore aggiunto incorporata nelle esportazioni, pur restando elevata nel confronto internazionale, è andata declinando almeno fino al 2011. Con la ripresa dalle crisi finanziarie e del debito sovrano, la partecipazione del settore produttivo italiano alle catene globali del valore è andato migliorando, raggiungendo nel 2016 la media dei paesi OCSE e rimanendo al 2018 ancora sostanzialmente in linea con essa. Per contro, il paese ha perso centralità in tali catene del valore. Evidenze internazionali mostrano che tale fenomeno si può associare ad una flessione della produttività e ad un minore tasso di innovazione. Nella prossima sezione forniamo alcune evidenze da dati settoriali che mostrano come sia il tasso di partecipazione sia la centralità nelle catene globali del valore siano correlate con il grado di digitalizzazione del sistema produttivo.

2.3 Digitalizzazione e internazionalizzazione: evidenze da dati settoriali

Per fornire delle prime evidenze circa la relazione tra digitalizzazione e internazionalizzazione del sistema produttivo, abbiamo integrato quattro diversi database contenenti dettagliate informazioni settoriali sulla trasformazione digitale e sulla partecipazione del settore manifatturiero alle catene del valore domestiche e globali.

Il database ICIO/TIVA contiene matrici globali input/output complete per industria (A36), con dettaglio su 64 paesi, per il periodo 1995-2018. Attraverso di esso si costruiscono variabili chiave per identificare il posizionamento del settore-paese nelle catene globali del valore. Tra queste variabili, in questa analisi ci concentriamo sul *forward participation rate* e sulla *Katz centrality* (discussi nella precedente sezione).

I database STAN e OECD National Accounts forniscono dati armonizzati sull'andamento della contabilità nazionale, con dettaglio sulle tipologie di capitale (incluso il capitale ICT e Intangibile). Infine, le *survey* ICT e i dati di U.S. Robotics forniscono dettagli sulla adozione di robotica avanzata da parte dei settori manifatturieri.

Con questi dati testiamo l'esistenza di una correlazione tra digitalizzazione di un settore-paese e il suo grado di partecipazione alle catene globali del valore, così come misurato dal suo *forward linkage rate* e dalla sua centralità totale.

Un primo problema empirico da dover affrontare per questa, che pur rimane una semplice correlazione, è la identificazione di una variabile sintetica che identifichi il grado di digitalizzazione di un paese-settore nel tempo. Il database integrato offre alcune variabili che sono facilmente correlate, almeno in parte, con la trasformazione digitale, quali la quota di investimenti in capitale ICT sul valore aggiunto, la penetrazione della robotica avanzata (il rapporto tra robot e occupati), la quota di investimenti in software e database sul valore aggiunto.

Per identificare la variabile latente che rappresenta la trasformazione digitale, facciamo uso di una analisi a componente principale (*Principal Component Analysis* - PCA) che identifica una combinazione ponderata di queste diverse variabili. I risultati della analisi PCA sono riportati in tavola 2. La prima componente spiega circa il 40 per cento della correlazione totale tra le variabili. Ad essa corrisponde una correlazione positiva con tutte e tre le variabili. La seconda e la terza componente spiegano rispettivamente il 34 per cento e il 26 per cento. Esse rappresentano ciò che distingue le due misure di contabilità nazionale dai dati U.S. Robotics (componente 2) e ciò che distingue gli investimenti intangibili da quelli in capitale fisso (componente 3). In questo senso, è la prima componente a identificare più propriamente la digitalizzazione del settore-paese, ed è dunque essa che utilizziamo nell'esercizio empirico.

Tavola 2.2 - Analisi a componente principale di tre variabili relative alla digitalizzazione

Variabile ⁽¹⁾	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Stock di robot su totale occupati	0,68	-0,34	0,65
Investimenti in ICT su valore aggiunto	0,11	0,93	0,36
Software e database su valore aggiunto	0,72	0,18	-0,67
Correlazione totale spiegata	0,40	0,34	0,26

(1) La tabella mostra le componenti principali (eigenvector) della matrice di correlazione tra le tre variabili, ordinate per correlazione totale spiegata.

Fonte: Elaborazioni su dati OCSE Conti Nazionali, OCSE-STAN e U.S. Robotics.

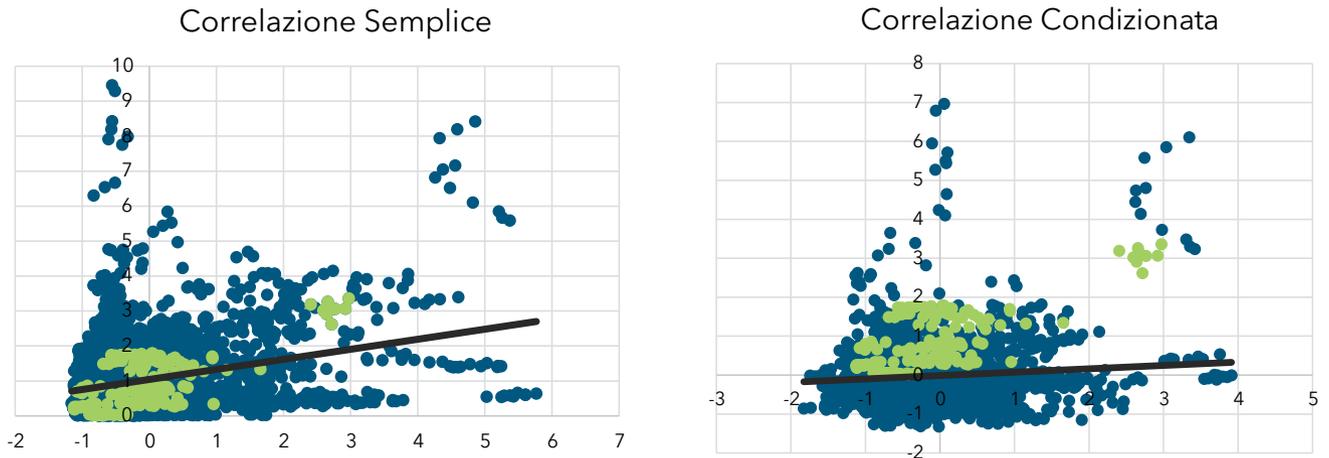
Mettendo quindi in relazione la prima componente di queste variabili con il *forward participation rate* e con la centralità totale⁶, i risultati mostrano come vi sia una relazione positiva tra digitalizzazione e *forward participation rate* (grafico 2.11, panel di sinistra) che resiste alla inclusione di un set di effetti fissi che assorbono fattori di confondimento caratteristici di ciascun paese-settore o comuni a ciascun anno (grafico 14, panel di destra). La stessa relazione positiva si rileva con le misure di centralità (grafico 2.12).

Questi risultati puntano a una possibile correlazione positiva tra digitalizzazione e internazionalizzazione, in linea con alcuni dei possibili canali teorici discussi nel capitolo 1. Per poter meglio identificare tale relazione però è necessario andare al di là dei dati settoriali per analizzare le relazioni a livello di impresa, come discusso nel prossimo capitolo.

6 Il campione è composto dalle 49.374 osservazioni di settore-paese-anno per cui le variabili sono identificate. Si testa la relazione con una prima regressione senza alcun controllo (correlazione semplice), quindi dopo aver eliminato la correlazione con alcuni effetti fissi (correlazione condizionata), per verificare la robustezza della relazione a caratteristiche specifiche di un settore-paese o di un anno.

Grafico 2.11 - Relazione tra digitalizzazione (ascisse) e forward linkage rate (ordinate)

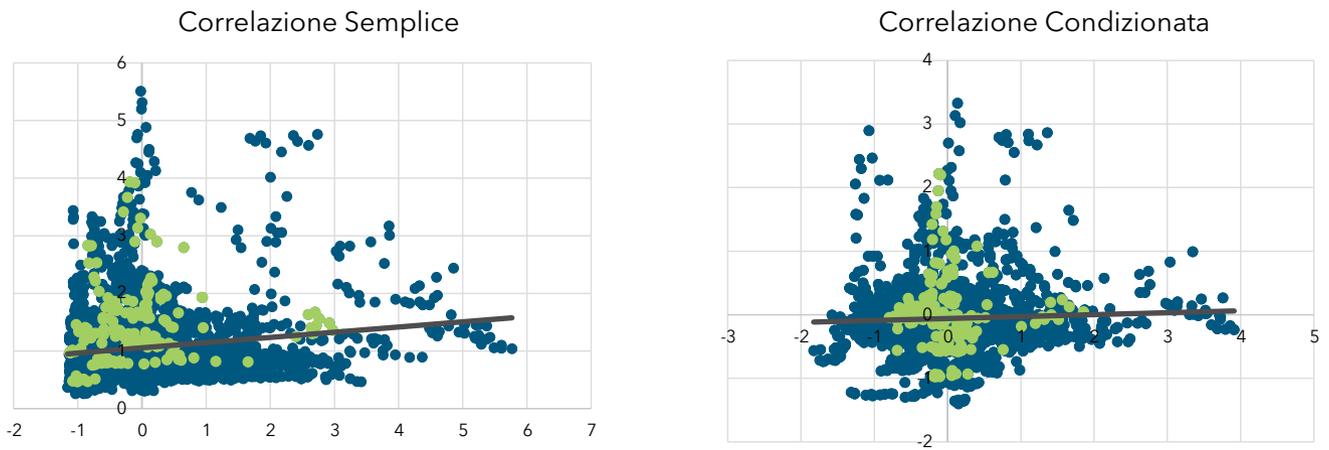
Scatter plot e regressione lineare - in verde le osservazioni relative all'Italia



Fonte: Elaborazioni su dati OCSE ICIO-TIVA, OCSE Conti Nazionali, OCSE-STAN.

Grafico 2.12 - Relazione tra digitalizzazione (ascisse) e centralità totale di Bonacich-Katz (ordinate)

Scatter plot e regressione lineare - in verde le osservazioni relative all'Italia



Fonte: Elaborazioni su dati OCSE ICIO-TIVA, OCSE Conti Nazionali, OCSE-STAN.

Bibliografia

Akcigit U., Ates S. T. (2020), *Slowing business dynamism and productivity growth in the United States*. Proceedings of the Jackson Hole Symposium.

Aksoy C., Demir B., Javorcik B. (2022), *Breaking invisible barriers: Does fast internet increase competition in input markets?*, Working Paper.

Andrenelli A. e López González J. (2021), *3D printing and International Trade: What is the evidence to date?*, OECD Trade Policy Papers, No. 256, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/0de14497-en>.

Andrews D., Criscuolo C., Gal P. (2016), *The Best versus the Rest: The Global Productivity Slowdown, Divergence across Firms and the Role of Public Policy*, OECD Productivity Working Papers, No. 5, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/63629cc9-en>.

Appelt S. et al. (2022), *Micro-data based insights on trends in business R&D performance and funding: Findings from the OECD microBerD+ project*, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2022/04, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/4805d3f5-en>.

Bajgar M., Berlingieri G., Calligaris S., Criscuolo C., Timmis J. (2019), *Industry concentration in Europe and North America*, OECD Working Paper Series 18, OECD Publishing.

Baldwin, R. (2006), *Globalisation: the great unbundling(s)*, Research paper of the project "Challenges of globalisation for Europe and Finland", September 2006, Secretariat of the Economic Council of Finland.

Bergamaschi M., Bettinelli C., Lissana E. et al. (2021), *Past, ongoing, and future debate on the interplay between internationalization and digitalization*, Journal of Management & Governance 25, pp. 983-1032.

Berlingieri G., Blanchenay P., Criscuolo C. (2017), *The great divergence(s)*, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 39, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/953f3853-en>.

Berlingieri G., Calligaris S., Criscuolo C. (2018), *The Productivity-Wage Premium: Does Size Still Matter in a Service Economy?*, AEA Papers and Proceedings, 108: pp. 328-33.

Bloom N., Brynjolfsson E., Foster L., Jarmin R., Patnaik M., Saporta-Eksten I., Van Reenen J. (2019), *What Drives Differences in Management Practices?*, American Economic Review, 109 (5): pp. 1648-83.

Borin A. e Mancini M. (2019), *Measuring What Matters in Global Value Chains and Value-Added Trade*, Policy Research Working Paper. No. 8804. Washington, DC, World Bank.

Cadestin C. et al. (2018), *Multinational enterprises and global value chains: New Insights on the trade-investment nexus*, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2018/05, OECD Publishing, Paris.

Calvino F., Criscuolo C., Verlhac R. (2020), *Declining business dynamism: Structural and policy determinants*, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers 94, OECD Publishing.

- Calvino F. et al. (2022), *Closing the Italian digital gap: The role of skills, intangibles and policies*, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 126, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/e33c281e-en>.
- Castellani D., Perri A., Scalera V. G., Zaffei A. (2022), *Cross-Border Innovation in a Changing World*, Oxford University Press.
- Cédric D. e Milberg W. (2018), *Intellectual Monopoly in Global Value Chains*, Working Papers 1807, New School for Social Research, Department of Economics.
- Cigna S., Gunnella V., Quaglietti L. (2022), *Global Value Chains: Measurement, Trends and Drivers*, ECB Occasional Paper No. 2022/289.
- Corrado, C., Hulten C., Sichel D. (2009), *Intangible Capital and U.S. Economic Growth*, Review of Income and Wealth, International Association for Research in Income and Wealth, vol. 55(3), pp. 661-685.
- Criscuolo C. (2021), *Productivity and business dynamics through the lenses of Covid-19: the shock, risks, and opportunities*, ECB Central Forum on Central Banking.
- Criscuolo C., Goretti I., Manaresi F. (2022a), *Productivity growth after the pandemic: understanding long-term trends to tackle the Covid-19 challenges*, in Science, Research, Innovation Policy Report, European Commission.
- Criscuolo C., Deschzelzeprete A., Guillonet L., Lalanne G., Manaresi F. (2022b), *The market microstructure of industrial ecosystems in the digital and green transitions: How can production networks help design better industrial policy*, mimeo.
- DeRidder M. (2022), *Market power and innovation in the intangible economy*, mimeo.
- Draca M., Sadun R., Van Reenen J. (2009), *Productivity and ICTs: A review of the evidence*, in Chrisanthi Avgerou e al. (ed.), *The Oxford Handbook of Information and Communication Technologies*, online ed., Oxford Academic, 2 Sept. 2009.
- Ferencz, J., López González J., Oliván García I. (2022), *Artificial Intelligence and international trade: Some preliminary implications*, OECD Trade Policy Papers, No. 260, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/13212d3e-en>.
- Fernández Z., Rodriguez A. (2023), *The Value Chain Configuration in the Digital Entrepreneurship Age: The Paradoxical Role of Digital Technologies*, in: Adams R., Grichnik D., Pundziene A., Volkman C. (eds), *Artificiality and Sustainability in Entrepreneurship*. FGF Studies in Small Business and Entrepreneurship, Springer, Cham.
- Kano L., Tsang E. W. K., Yeung H. W. C., (2020), *Global value chains: A review of the multi-disciplinary literature*, Journal of International Business Studies, Palgrave Macmillan; Academy of International Business, vol. 51(4), pp. 577-622, June.
- Haskel J. e Westlake S. (2018), *Capitalism Without Capital: the Rise of the Intangible Economy*, Princeton University Press.
- Jona-Lasinio C. e V. Meliciani (2018) *Productivity Growth and International Competitiveness: Does Intangible Capital Matter?*, Intereconomics: Review of European Economic Policy, Springer; ZBW - Leibniz Information Centre for Economics; Centre for European Policy Studies (CEPS), vol. 53(2), pp. 58-62, March.
- Lenvison M. (2016), *The Box: how the shipping container made the world smaller and the world economy bigger*, Princeton University Press.

Manaresi F. (2015), *Net Employment Growth by Firm Size and Age in Italy*, *Questioni di Economia e Finanza*, no. 298, Banca d'Italia.

Manaresi F., Palma A., Salvatici L., Scrutinio V. (2022), *Managerial input and firm performance. Evidence from a policy experiment*, London School of Economics, CEP Discussion Paper no. 1871.

McKinsey Global Institute (2019), *Globalization in Transition: the Future of Trade and Value Chains*.

Menon C. et al. (2018), *The evaluation of the Italian "Start-up Act"*, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 54, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/02ab0eb7-en>.

Monaghan S., Tippmann E., Coviello N., (2020), *Born digitals: Thoughts on their internationalization and a research agenda*, *Journal of International Business Studies*, Palgrave Macmillan; Academy of International Business, vol. 51(1), pp. 11-22, February.

OCSE (2020a), *The Digitalisation of Science, Technology and Innovation: Key Developments and Policies*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b9e4a2c0-en>.

OCSE (2021), *The Role of Firms in Wage Inequality: Policy Lessons from a Large Scale Cross-Country Study*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/7d9b2208-en>.

OCSE (2022), *OECD Handbook on Competition Policies in the Digital Age*. <https://www.oecd.org/daf/competition-policy-in-the-digital-age/>

Pascali, L. (2017), *The Wind of Change: Maritime Technology, Trade, and Economic Development*, *American Economic Review*, 107 (9): pp. 2821-54.

Ribeiro Poplawski M., Adler G., Furceri D., Duval R., Koloskova K. (2017), *Gone with the Headwinds: Global Productivity*, *IMF Staff Discussion Notes* 2017/004, International Monetary Fund.

Sjodin D., Parida V., Jovanovic M., Visnjic I. (2020), *Value Creation and Value Capture Alignment in Business Model Innovation: A Process View on Outcome-Based Business Models*, *Journal of Product Innovation Management*, 37 (2), pp. 158-183.

Syverson C. (2011), *What Determines Productivity?*, *Journal of Economic Literature*, <http://dx.doi.org/10.1257/jel.49.2.326>.

Verlhac R., Manaresi F., Calvino F., Criscuolo C., Agresti S. (2022), *Tracking business dynamism during the Covid-19 pandemic: New cross-country evidence and visualisation tool*, VoxEU Column 17 January 2022.

Wang Z., Wei S., Yu X. e Zhu K. (2017), *Measures of Participation in Global Value Chains and Global Business Cycles*, NBER Working Paper N. 23222, Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

World Trade Organization (2018), *The Future of World Trade: How Digital Technologies Are Transforming Global Commerce*.

Zolas N. et al. (2020), *Advanced Technologies Adoption and Use by U.S. Firms: Evidence from the Annual Business Survey*, NBER Working Papers, N. 28290, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, <https://doi.org/10.3386/W28290>.

Nota metodologica

Quota di valore aggiunto domestico sul totale dell'export

La quota di valore aggiunto domestico sul totale dell'export di un paese c verso i paesi p del resto del mondo corrisponde alla variabile EXGR_DVA nel database TiVA, ed è definita come

$$EXGR_DVA_c = \frac{\sum_p \text{Domestic VA Content}_{c,p}}{\sum_p \text{Total Export}_{c,p}} \times 100$$

Forward Participation Rate

Questo indicatore misura il contenuto di valore aggiunto del paese di origine *incorporato* nell'export di un paese estero, in rapporto al totale dell'export del paese di origine. L'indicatore, per il totale dell'economia del paese di origine c che esporta verso i paesi p del resto del mondo, è pari a:

$$FEXDVApSH_c = \frac{\sum_p EXGR_BSCI_{c,p}}{\sum_p \text{Total Export}_p} \times 100$$

dove $EXGR_BSCI_{c,p}$ il valore aggiunto dal paese c incorporato nell'export del paese p .

Centralità di Bonacich-Katz

Questo indicatore, ampiamente utilizzato nella letteratura che misura la diffusione degli shock nei network⁷, misura l'importanza di un nodo tenendo in conto sia i suoi link diretti (centralità diretta) sia i link dei suoi partner, dei partner dei suoi partner, ecc. (centralità indiretta). Poichè i flussi di export sono direzionati ed hanno una diversa intensità, la misura di Bonacich-Katz viene applicata sia a monte (*backward* centrality), sia a valle (*forward* centrality). Formalmente, seguiamo Criscuolo e Timmis (2018), definendo:

$$c^X = \lambda W^T * c^X + \eta I$$

per $X \in (\text{forward}, \text{backward})$. Dove c^X è un vettore di centralità per ciascuna coppia paese-settore, W è una matrice che comprende i flussi di commercio tra tutti gli $n \times n$ paesi, λ è un parametro che penalizza le connessioni più distanti nel network (che è fissato, in accordo con la letteratura, a 1.5), η è un parametro di scala (meno rilevante perchè nel confronto internazionale perchè costante tra paesi e settori) e I è un vettore $n \times 1$ di 1.

La centralità totale è calcolata come media tra le due centralità:

$$c^{TOT} = 0.5 * (c^{fwd} + c^{bwd})$$

⁷ Cfr. Acemoglu, D., U. Akcigit e W. Kerr (2015), "Networks and the Macroeconomy: An Empirical Exploration", NBER Working Paper, No. 21344; Carvalho, V. (2014), "From Micro to Macro via Production Networks", Journal of Economic Perspectives, 28(4), pp. 23-47.

LE STRATEGIE DELLE IMPRESE ITALIANE E GLI EFFETTI DELLA PANDEMIA

3. Le strategie delle imprese italiane e gli effetti della pandemia*

3.1 Digitalizzazione e internazionalizzazione delle imprese italiane alla vigilia della crisi Covid

Nei due capitoli precedenti si sono ampiamente illustrate le caratteristiche del processo di internazionalizzazione e digitalizzazione dell'Italia rispetto ai percorsi intrapresi nelle principali economie industrializzate negli scorsi decenni. Sia gli aspetti teorici, sia le prime evidenze empiriche presentate, hanno messo in luce una possibile correlazione positiva tra digitalizzazione e competitività internazionale, a livello macro e meso-economico.

Allo stesso tempo, tuttavia, con riferimento al sistema produttivo italiano la letteratura empirica ha da tempo evidenziato come le tendenze macroeconomiche sottendano dinamiche molto eterogenee a livello settoriale e di impresa. In tale prospettiva, digitalizzazione e internazionalizzazione possono avere rappresentato elementi di resilienza e di sviluppo in misura diversa a seconda dei diversi segmenti interessati, in un decennio, peraltro, dove gli episodi di crisi hanno operato una selezione piuttosto ampia nel tessuto produttivo. Come già accennato, in generale le caratteristiche della crisi pandemica hanno accelerato un processo di digitalizzazione che, anche nell'ultimo decennio, ha assunto sempre più le caratteristiche di paradigma dominante per una transizione dell'intero sistema verso livelli strutturalmente più elevati di competitività. D'altro canto, la prolungata fase di debolezza del ciclo economico italiano successivamente alla doppia recessione (crisi finanziaria del 2008-2009 e crisi del debito sovrano del 2011) è stata caratterizzata da un andamento fiacco, se non stagnante, della domanda interna, a fronte di una domanda estera più vivace. In questo contesto, la capacità di operare sui mercati internazionali ha costituito un elemento determinante per la sopravvivenza e la capacità di generare profitto per le imprese italiane.

L'obiettivo di questa sezione del Rapporto è quello di indagare, per le imprese italiane, sulla relazione tra digitalizzazione e internazionalizzazione; pur senza ricorrere alla determinazione di veri e propri nessi causali, si analizza se, ed eventualmente in quale misura, gli investimenti in tecnologie digitali abbiano accompagnato la capacità delle imprese di affrontare la competizione internazionale sui mercati esteri nel periodo precedente la crisi Covid (paragrafo 3.1); successivamente, si studia se tale relazione ha costituito un fattore di resilienza alla pandemia (paragrafo 3.2).

* Redatto da Stefano Costa e Claudio Vicarelli (Istat).

3.1.1 La digitalizzazione delle imprese nella fase di ripresa 2014-2017

La letteratura economica (si veda il capitolo 1) ha individuato con chiarezza i canali attraverso i quali la trasformazione digitale fornisce alle imprese nuove opportunità e, in ultima analisi, potenziali guadagni di produttività: da una maggiore integrazione alle catene del valore, all'innovazione di prodotto e di processo, fino all'accesso e alla creazione di nuovi mercati. In generale, dunque, è stata rilevata una relazione positiva tra ICT e produttività d'impresa, sebbene nell'ultimo decennio l'affermarsi della transizione digitale si sia accompagnata al rallentamento della crescita della produttività aggregata nel mondo. Come ampiamente mostrato nei capitoli precedenti, il rendimento dell'ICT sembra però dipendere in modo cruciale dall'investimento in asset complementari (prevalentemente immateriali) senza i quali i vantaggi dell'adozione di nuove tecnologie risultano compromessi; il riferimento, in particolare, è alla ridefinizione dei processi organizzativi all'interno dell'impresa e alla qualità del capitale umano in essa impiegato. I rendimenti dell'ICT, comunque, restano maggiori nei settori a più alta intensità di conoscenza; inoltre, il processo di accumulo degli asset immateriali, fondamentale per un pieno sviluppo delle tecnologie digitali, è più difficoltoso per le imprese di minore dimensione, più giovani, o meno produttive¹.

Il sistema produttivo italiano appare ampiamente connotato dalla presenza di imprese con queste caratteristiche: l'elevatissimo peso delle imprese di piccole e piccolissime dimensioni, a cui generalmente è associata una bassa produttività, limita di per sé il tasso di penetrazione delle nuove tecnologie poiché la loro adozione impone di sostenere una rilevante quota di sunk costs. Alcuni studi, inoltre, hanno sottolineato come l'Italia soffra di una forma estrema del "morbo europeo" individuato da alcuni autori² nell'incapacità di sfruttare a pieno la rivoluzione dell'ICT. Nel caso italiano, in particolare, inciderebbero meccanismi largamente imperfetti di selezione del personale manageriale³ e carenze nell'investimento in capitale umano⁴. Ad ogni modo, nei maggiori paesi avanzati (inclusa l'Italia), anche a livello d'impresa la relazione diretta tra propensione all'ICT e crescita della produttività rappresenta uno dei risultati condivisi nella letteratura empirica.⁵

Il tema della propensione delle imprese alla trasformazione digitale appare dunque rilevante; l'ampia rassegna della letteratura richiamata nel primo capitolo ha chiaramente mostrato come la scarsa diffusione delle tecnologie dell'informazione e comunicazione (e il gap che si è venuto a creare rispetto alle principali economie dei paesi industrializzati) è stata spesso indicata come una delle cause della modesta dinamica della produttività, assoluta e relativa, osservata negli ultimi due decenni nel sistema economico italiano.

1 Per uno studio approfondito del comparto IT in Italia, nel quale si analizzano la struttura, la dimensione economica e le strategie delle imprese del settore, si rimanda a Istat-Assinform (2017).

2 Si veda Bloom et al. (2012).

3 Si veda Pellegrino e Zingales (2017).

4 Si veda Bugamelli e Pagano (2004).

5 Si vedano, tra gli altri, Biagi e Parisi (2012) e, per confronti internazionali basati su microdati d'impresa, i risultati del progetto europeo ESSLait (*ESSnet on Linking of Microdata to Analyse ICT Impact*), disponibile on line in https://ec.europa.eu/eurostat/cros/content/final-reporting-esslait-project_en.

In generale, quindi, il recupero di produttività e di competitività del nostro sistema produttivo passa anche attraverso la capacità di cogliere le opportunità offerte dalla trasformazione digitale. Tale capacità, a sua volta, può trovare alimento (o vincolo) in un tessuto di imprese caratterizzato da una opportuna (o scarsa) dotazione di capitale fisico e umano, condizionando incidentalmente anche l'efficacia di eventuali interventi di policy incentrati sulla digitalizzazione dei processi produttivi.

Negli anni precedenti la crisi pandemica, le misure governative di stimolo agli investimenti in tecnologia (Industria 4.0; Impresa 4.0) hanno rappresentato un elemento di forte propulsione alla digitalizzazione delle imprese italiane. In particolare, il Piano Nazionale Impresa 4.0 mirava a stimolare investimenti specificamente rivolti al rinnovamento dei beni materiali e immateriali in un'ottica di digitalizzazione dei processi produttivi, che ha un elemento portante nell'integrazione tra tecnologia, processi aziendali e capitale umano. In particolare, lo scenario auspicato dai provvedimenti prevedeva che, attraverso l'investimento in tecnologia, le imprese intraprendessero un percorso di trasformazione digitale anche relativamente alla modalità di utilizzo del capitale materiale, alle competenze coinvolte all'interno dell'organizzazione e alle relazioni produttive con le altre imprese.

Per analizzare le scelte di investimento in digitalizzazione delle imprese negli anni pre-pandemici, in particolare per le tipologie tecnologiche favorite dai provvedimenti governativi, si ricorre all'utilizzo della Rilevazione sull'utilizzo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione nelle imprese (ICT⁶).

In generale, emerge un processo di forte dinamismo su molti degli aspetti considerati. Nel 2017 il 95,7 per cento delle imprese con almeno 10 addetti ha avuto accesso alla banda larga (era il 93,6 per cento nel 2012), con un incremento molto accentuato nel caso dell'accesso mobile (70,9 per cento, dal 48,1 per cento del 2012). Contestualmente, da un lato si è ridotta la quota di imprese che utilizzavano connessioni a bassa velocità⁷ (minore di 2 megabit al secondo), dall'altro è cresciuta sia la quota di quelle connesse a una velocità compresa tra 10 e 30 Mbit/s (dal 16 al 34 per cento), sia la quota di imprese connesse a velocità di banda fissa ultralarga⁸ (dal 10 per cento del 2012 al 24 per cento del 2017).

La velocità di connessione a Internet adottata dalle imprese appare legata alla complessità delle operazioni da effettuare in rete; sotto questo aspetto, quindi, la dimensione aziendale sembra condizionare tale caratteristica tecnologica, con una prevalenza di utilizzo di connessioni a velocità di banda ultralarga da

6 La rilevazione, armonizzata a livello europeo, riguarda un campione di oltre 20 mila unità rappresentative dell'universo delle imprese con almeno 10 addetti che operano nei settori di manifattura, energia, costruzioni e servizi non finanziari. È una delle principali fonti di dati per il Digital Scoreboard utilizzato dalla Commissione europea per misurare il progresso dell'economia digitale europea e contribuisce alla costruzione dell'indicatore DESI (Digital Economy & Society Index) che sintetizza gli indicatori rilevanti sulla performance digitale in Europa. Per maggiori informazioni si rimanda a <http://www.istat.it/it/archivio/ICT> e <http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/overview>. Dal 2017, in particolare, sono state raccolte informazioni sull'attività d'investimento in aree tecnologiche assimilabili a quelle considerate dal Piano Impresa 4.0 (velocità di connessione a Internet, l'utilizzo di tecnologie a supporto del trattamento e condivisione dei dati di business, e-commerce, sicurezza informatica). Questi dati possono inoltre essere confrontati con edizioni precedenti della stessa indagine, delineando le principali tendenze che hanno caratterizzato lo scorso decennio.

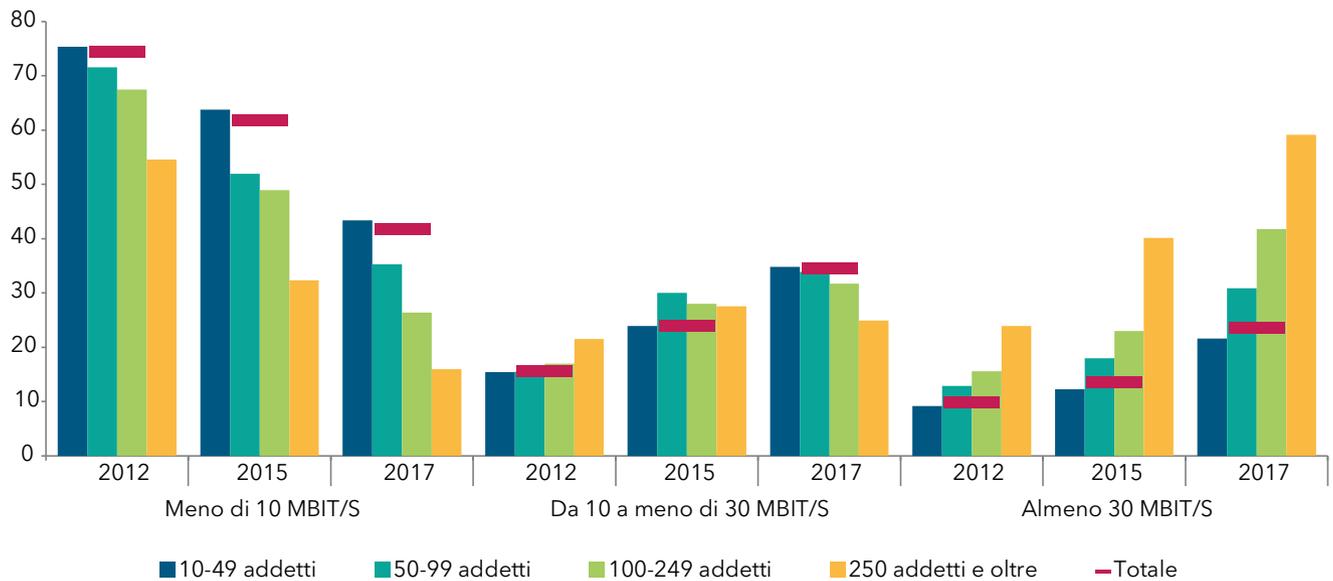
7 Si tratta della velocità di connessione delle tecnologie utilizzate in termini di velocità nominale in download prevista contrattualmente.

8 Una connessione viene definita "a banda ultralarga" quando la velocità di connessione effettiva in download è di almeno 30 Mb/s.

parte delle grandi imprese (il 59 per cento nel 2017, contro il 24 per cento nel 2012) rispetto alle piccole (22 per cento nel 2017, dal 9 per cento del 2012) (grafico 3.1). È proprio sul terreno della banda ultra-larga, più che sulla diffusione di quella larga, che l'Italia, negli anni pre-pandemici, scontava ancora un ritardo nei confronti degli altri paesi europei.

Grafico 3.1 - Velocità di connessione a Internet in banda larga fissa

Anni 2012, 2015 e 2017, percentuali di imprese connesse a Internet in banda larga fissa; imprese con almeno 10 addetti

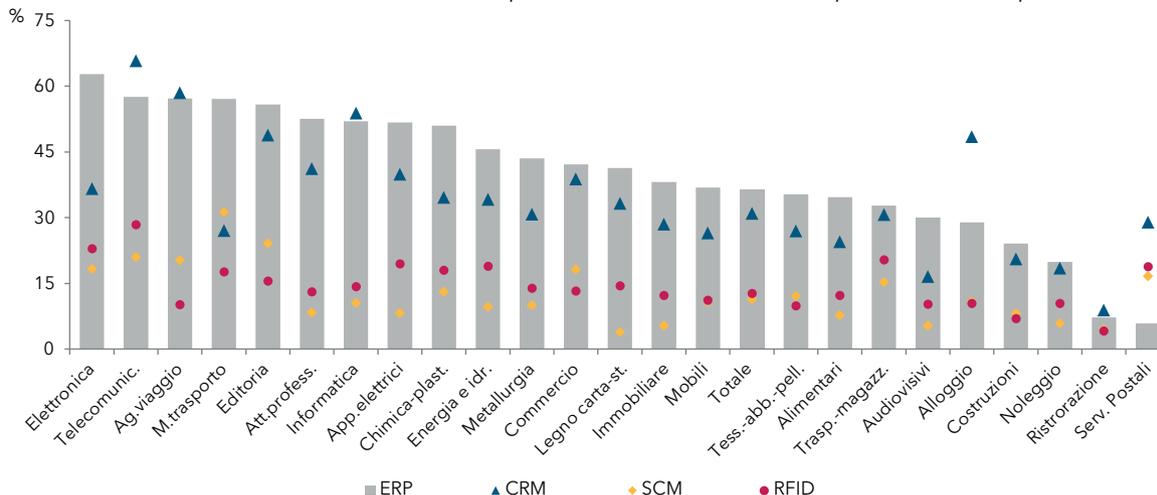


Fonte: Istat (2018)

Per quanto riguarda l'utilizzo di tecnologie a supporto del trattamento e condivisione dei dati di business (ERP, SCM, CRM), che figurano tra quelle abilitanti ai fini del Piano Impresa 4.0, tra il 2012 e il 2017 si osserva un aumento consistente e tendenzialmente generalizzato nei diversi settori (grafico 3.2): la quota complessiva delle unità che utilizzava software ERP nel 2017 è risultata pari al 36,5 per cento (21,1 per cento nel 2012), mentre l'attenzione verso sistemi di raccolta e analisi di dati sulla clientela è stata maggiore per le imprese dei servizi dei comparti delle telecomunicazioni, agenzie di viaggio, informatica, alloggio. Le informazioni sulla filiera produttiva sono informatizzate e condivise (attraverso sistemi di SCM) soprattutto dalle imprese dei settori automotive, editoria e telecomunicazioni. L'incremento dell'utilizzo di tali tecnologie in questi anni è stato simile a quello registrato, in media, nei paesi OCSE (si veda capitolo 2). Assai meno diffusa, ma in progresso, l'adozione di strumenti di IoT (12 per cento delle imprese), con picchi fino a oltre il 20 per cento nei comparti di telecomunicazione (circa 28%) ed elettronica (circa 23%).

Grafico 3.2 - E-business per attività economica

Anno 2017, manifattura e servizi di mercato, imprese con almeno 10 addetti; percentuali di imprese

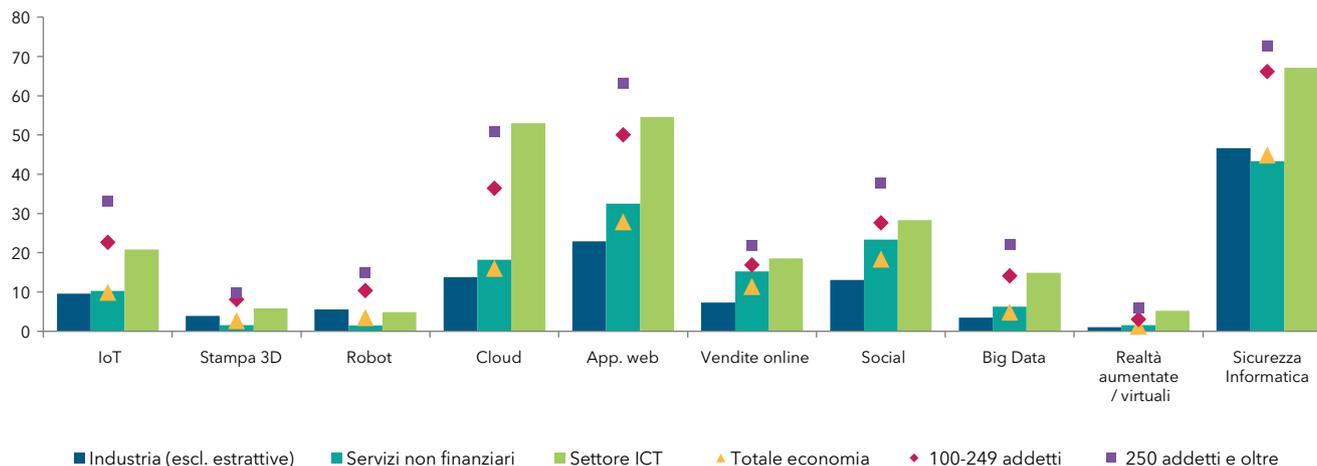


Fonte: Istat (2018)

Tra le scelte di investimento nelle altre tecnologie abilitanti relative al piano Impresa 4.0, quasi la metà delle imprese (44,9%) ha adottato tecnologie relative alla sicurezza informatica, il 27,9 per cento ha investito in beni e servizi legati a applicazioni web o app, il 18,4 per cento in social media e il 16,1 per cento in servizi di cloud computing (grafico 3.3). Alla dimensione d'impresa sembrano inoltre legati anche gli investimenti nelle aree più innovative: il cloud e l'analisi di big data sono state prescelte in media da oltre una impresa su due tra quelle con almeno 250 addetti (rispettivamente 51 e 62 per cento). Le tecnologie connesse alla realtà aumentata, alla stampa 3D e alla robotica avanzata hanno coinvolto invece un numero limitato di unità di grandi dimensioni (rispettivamente 6, 10 e 15 per cento).

Grafico 3.3 - Investimenti nelle tecnologie abilitanti 4.0

Anni 2014-2016, percentuali di imprese; imprese con almeno 10 addetti



Fonte: Istat (2018)

3.1.2 I profili della trasformazione digitale

È possibile individuare nel sistema produttivo italiano diversi profili di propensione alla trasformazione digitale sulla base del grado di digitalizzazione raggiunto nel 2017 e delle informazioni raccolte sulla tipologia di investimenti effettuati in tecnologie ICT nel triennio precedente.⁹ A tale proposito, il prospetto 3.1 riporta sette indicatori utilizzati per profilare le imprese; i primi sei si riferiscono alle tipologie di investimento tecnologico effettuato dalle imprese nel periodo 2014-2016; il settimo riflette il grado di digitalizzazione dell'impresa al 2017, misurato dal *Digital intensity indicator* di Eurostat.¹⁰

Prospetto 3.1. Indicatori base per la profilatura digitale delle imprese. Anno 2017

Area	Caratteristiche	Indicatori
INVESTIMENTO TECNOLOGICO 2014/2016	L'impresa ha dichiarato di aver effettuato un investimento nel triennio 2014-2016 in aree tecnologiche relative a Cloud Computing o Applicazioni Web o Big Data Analytics	1. Applicazioni Web 2. Cloud 3. Big data
	L'impresa ha dichiarato di aver effettuato un investimento nel triennio 2014-2016 in aree tecnologiche relative a Vendite online, Social media	4. Vendite Web 5. Social media
	L'impresa ha dichiarato di aver effettuato un investimento nel triennio 2014-2016 in almeno una delle aree tecnologiche tra Internet delle cose (IoT), Stampa 3D, Robotica (robot collaborativi interconnessi e programmabili), Realtà aumentata e virtuale	6. Industria 4.0
LIVELLO DI DIGITALIZZAZIONE 2017	Livello di digitalizzazione o digital intensity considera le seguenti 12 caratteristiche: percentuale di addetti che utilizzano computer connessi o device mobili connessi (rispettivamente più del 50% e del 20%), utilizzo di specialisti ICT (interni o esterni), velocità di download della connessione, utilizzo di sito web dell'impresa, offerta di servizi sul sito web, utilizzo di social media, acquisto di servizi di Cloud Computing di medio-alto livello, invio di fatture elettroniche ad altre imprese/PA, utilizzo di pubblicità a pagamento su Internet, valore delle vendite online almeno pari all'1 per cento dei ricavi totali, valore delle vendite web B2C maggiore del 10 per cento delle vendite via web.	7. Livello di digitalizzazione molto basso/ basso/ alto/ molto alto

Fonte: Costa et al. (2021), Istat, Rilevazione sulle tecnologie dell'informazione e della comunicazione nelle imprese

⁹ Nel presente paragrafo le informazioni della rilevazione ICT vengono integrate con dati economici provenienti da altre fonti di natura amministrativa e statistica. Pertanto, al fine di assicurare che i risultati qui presentati siano rappresentativi dell'universo di riferimento della rilevazione, le elaborazioni che seguono sono effettuate su un ampio sottoinsieme di rispondenti (circa il 95 per cento del totale) a cui è stata applicata una nuova procedura di calibrazione.

¹⁰ L'indicatore, promosso dall'Eurostat, definisce il livello di digitalizzazione delle imprese in base al numero di attività legate all'utilizzo delle tecnologie da esse svolte, elencate nel prospetto 1. In particolare, il livello di digitalizzazione è definito come "molto basso" se le imprese svolgono tra 0 e 3 attività, "basso" se ne svolgono tra 4 e 6, "alto" se le attività svolte sono tra 7 e 9, "molto alto" tra 10 e 12. Per una analisi più approfondita si veda Istat (2017b; Costa et al., 2021).

I sette indicatori sono stati sintetizzati in uno, in grado di rappresentare il grado di digitalizzazione delle imprese. La metodologia ha portato a raggruppare le imprese italiane con almeno 10 addetti in tre classi mutuamente esclusive sulla base dei valori assunti dall'indicatore sintetico del grado di digitalizzazione (Costa et al., 2021).¹¹

Il primo gruppo, che comprende il 63 per cento dell'universo di riferimento, include imprese a *bassa digitalizzazione*, che presentano cioè un livello di digitalizzazione molto contenuto e una probabilità elevata di non aver fatto nel triennio precedente investimenti in tutte le tipologie tecnologiche analizzate. Questa classe è composta per oltre il 90 per cento da imprese di piccola dimensione (10-49 addetti), con una rilevante presenza di unità del Centro e del Mezzogiorno e di quelle che operano in comparti tradizionali (prodotti in metallo, dell'alimentare, tessile e abbigliamento, pelle, legno), delle costruzioni o dei comparti dei servizi alle imprese, della ristorazione, dei servizi postali, del trasporto e magazzinaggio.

Il secondo gruppo, quello delle imprese a *media digitalizzazione*, cui appartiene il 32 per cento del campione, è caratterizzato da una limitata estensione dell'insieme di attività ICT svolte e da imprese di piccola dimensione; include, tuttavia, anche una quota superiore alla media di imprese più grandi. A questa classe appartengono unità con sede nelle regioni settentrionali e quelle che operano nei comparti degli audiovisivi, farmaceutica, alloggio, agenzie di viaggio, elettronica, mezzi di trasporto, metallurgia.

Il terzo gruppo è composto dalle imprese ad *alta digitalizzazione* (5% di imprese): si tratta di unità caratterizzate da una elevata propensione a investire in tecnologie (soprattutto in applicazioni web, in social media e *cloud computing*) e da un alto livello di digitalizzazione. In questo gruppo si osserva una significativa quota di imprese di medio-grande dimensione (24 per cento di imprese con almeno 50 addetti e 10 per cento di quelle con almeno 250 addetti) e una presenza superiore alla media nazionale di imprese di servizi quali editoria (41%), telecomunicazioni (37%), agenzie di viaggio, informatica, alloggio; per quanto riguarda la manifattura si rileva soprattutto la presenza di unità operanti nell'elettronica, nella farmaceutica e nelle bevande.

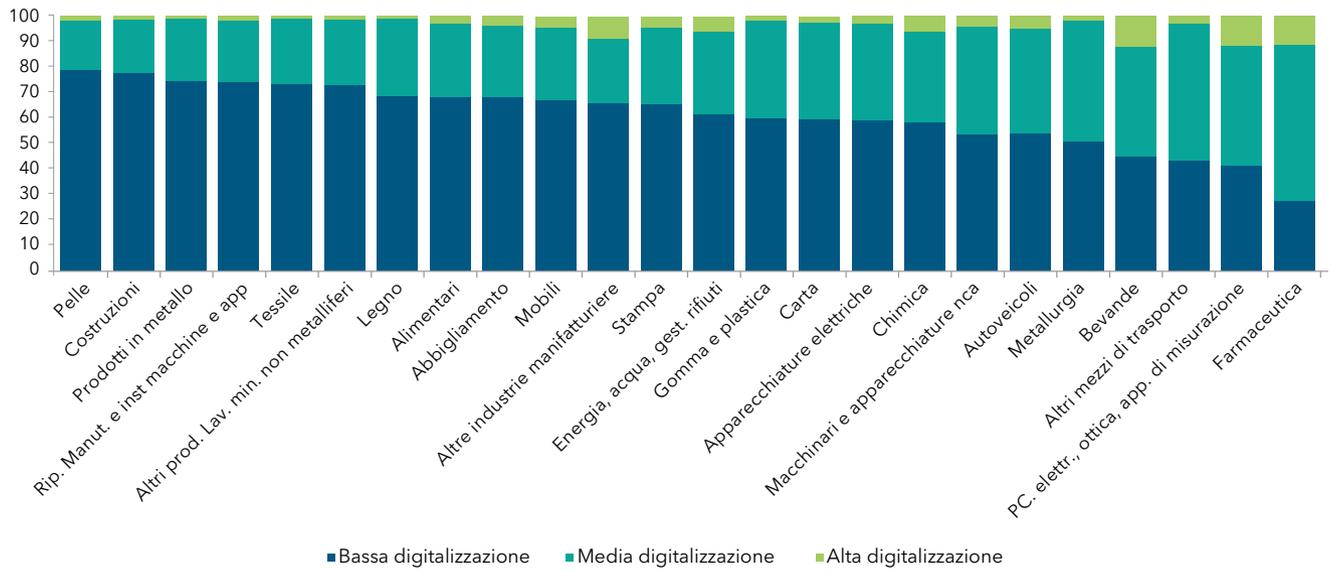
I grafici 3.4 e 3.5 mostrano, nel dettaglio, come le imprese appartenenti ai tre gruppi individuati si caratterizzano dal punto di vista settoriale e dimensionale.

¹¹ Si è utilizzata, in particolare, la stima di un modello a classi latenti nel quale la variabile latente, da individuare sulla base di caratteristiche osservabili, è rappresentata dalla propensione delle imprese alla trasformazione digitale. Per una descrizione dettagliata dei modelli a classi latenti si veda Collins e Lanza (2010); per ulteriori dettagli sull'applicazione qui proposta si rimanda all'Appendice A di Istat (2018, p. 98).

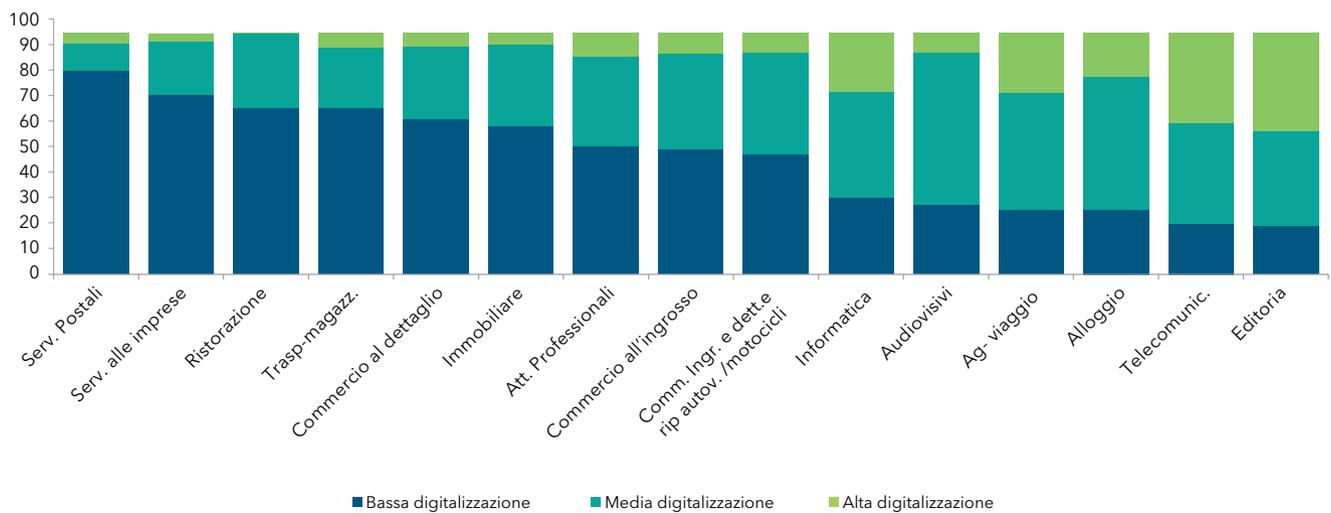
Grafico 3.4 - Classi latenti per settori di attività economica

Anno 2017, imprese con almeno 10 addetti, percentuali di imprese (a)

a) Industria



b) Servizi

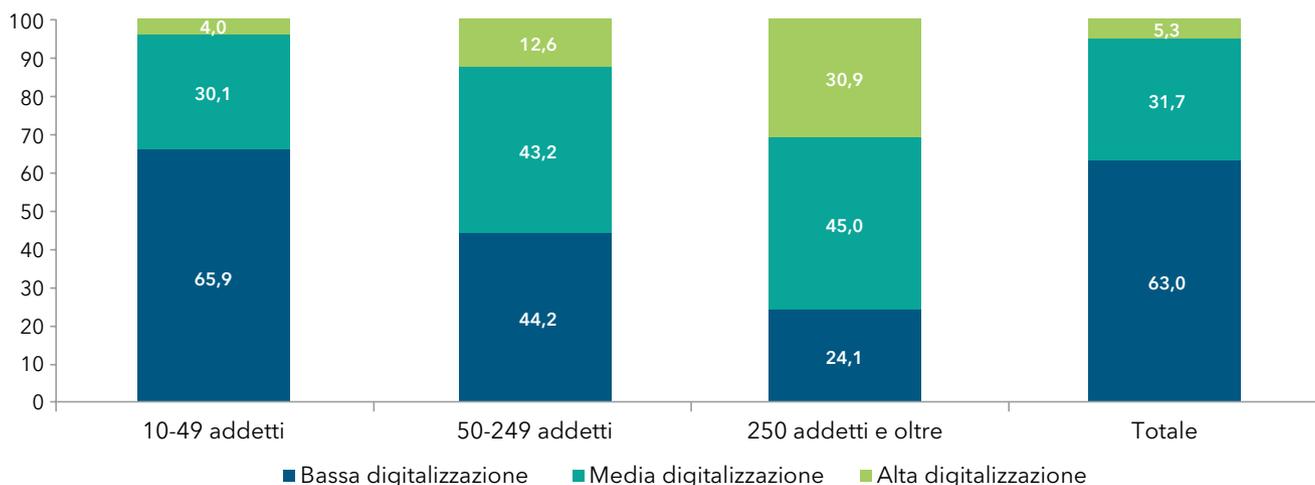


(a) Per ragioni di rappresentatività e precisione delle stime, non si tiene conto dei settori dei prodotti petroliferi e delle Ateco 12 (Tabacco), 19 (Coke) e 95 (Riparazione di beni per uso personale e per la casa).

Fonte: Costa et al. (2021)

Grafico 3.5 - Classi latenti per classi di addetti

Anno 2017, imprese con almeno 10 addetti; percentuali di imprese



(a) Per ragioni di rappresentatività e precisione delle stime, non si tiene conto dei settori dei prodotti petroliferi e delle Ateco 12 (Tabacco), 19 (Coke) e 95 (Riparazione di beni per uso personale e per la casa).

Fonte: Istat (2018)

3.1.3 L'internazionalizzazione delle imprese italiane

Nel corso del decennio appena trascorso, quindi, il sistema produttivo italiano ha registrato un processo di trasformazione digitale, seppure fortemente condizionato dagli elementi settoriali e dimensionali, che ha sicuramente rappresentato un elemento di resilienza a fronte degli episodi di crisi e di forte trasformazione del tessuto produttivo. Un secondo elemento rilevante, come si è accennato, è costituito dalla capacità delle imprese di intercettare la domanda estera, a fronte di una prolungata fase di debolezza del ciclo economico italiano. Sotto questo aspetto, appaiono rilevanti non solo la possibilità di operare sui mercati internazionali, ma anche le modalità con cui questo avviene: la letteratura economica ha da tempo evidenziato rilevanti differenze di performance d'impresa a seconda del tipo di relazioni, "attive" o "passive", con i mercati esteri. Con riferimento alle prime, è stato rilevato come a forme più complesse di internazionalizzazione si associ, in media, una migliore performance d'impresa, espressa in termini di produttività e redditività, oltre che una più ampia dimensione aziendale¹²; con riferimento alle relazioni passive, esistono differenze di performance tra imprese che esauriscono la propria attività all'interno dei confini nazionali e quelle che, pur vendendo esclusivamente sul mercato interno, importano beni o servizi dall'estero. Per quanto riguarda il contesto italiano, peraltro, tali evidenze si riscontrano anche in episodi di crisi quali quella finanziaria del 2008-2009 (Costa et al., 2017) e del debito sovrano (Istat, 2017).

¹² A partire dal lavoro di Melitz (2003), l'esigenza di superare l'assunzione di unità rappresentativa ha originato un nuovo filone di letteratura sull'internazionalizzazione delle imprese, nel quale i principali contributi teorici (Melitz e Ottaviano, 2008; Bernard et al., 2011) ed empirici (per una rassegna dettagliata cfr. Wagner, 2012) hanno evidenziato, in particolare, il ruolo fondamentale della produttività d'impresa e il legame tra la performance aziendale e il modello di internazionalizzazione adottato (ad esempio se commerciale o produttivo, oppure caratterizzato o meno sulla compresenza di attività di import e export).

L'analisi della relazione tra performance e internazionalizzazione qui proposta prende le mosse da una classificazione delle imprese in base alla tipologia e al grado di coinvolgimento rispetto all'attività svolta fuori dai confini nazionali. Si tratta di una tassonomia che esula dagli aspetti relativi alla partecipazione alle catene del valore (GVC) analizzati nei capitoli 1 e 2, basandosi esclusivamente sulle diverse modalità di partecipazione al commercio internazionale. Tale scelta si deve a ragioni informative e analitiche. Nel primo caso, l'indagine sull'utilizzo dell'ICT nelle imprese, cruciale per l'analisi qui svolta, esclude la fascia dimensionale al di sotto dei 10 addetti; di conseguenza si è privilegiata la scelta di massima inclusione delle imprese al di sopra di tale soglia, che porta a utilizzare basi dati universali (Registri) ma prive dell'informazione necessaria (bilanci aziendali) alla misurazione della partecipazione a GVC. Nel secondo caso, l'idea è di concentrare l'analisi su tutte le strategie di internazionalizzazione, indipendentemente dal coinvolgimento dell'impresa nelle GVC, includendo quindi sia eventuali catene del valore "locali", sia la capacità di intercettare la domanda estera senza partecipare a catene del valore internazionali.

In dettaglio, per il 2019, a partire da tre registri sul commercio estero delle imprese¹³, si è costruita una tassonomia delle strategie di internazionalizzazione delle imprese con almeno 10 addetti, formata da sei classi mutualmente esclusive, con un percorso che idealmente procede da strategie più elementari a forme via via più complesse (Istat, 2013 e 2017). In tal modo, nella classe più elementare, sono state considerate le imprese che svolgono solo attività di importazione (solo importatori). La seconda classe (solo esportatori), è costituita da imprese che svolgono esclusivamente un'attività di esportazione verso i paesi UE e/o verso un massimo di quattro aree geografiche extra-UE. La terza classe include le imprese che effettuano attività sia di esportazione sia di importazione (*two-way traders*) e la quarta quelle che operano in almeno cinque aree extra-UE (*global*). Le ultime due classi sono, infine, relative all'internazionalizzazione produttiva. Le multinazionali italiane (MNE italiane) comprendono le imprese localizzate sul territorio nazionale appartenenti a gruppi a controllo italiano che hanno affiliate estere; le imprese a controllo estero (MNE estere) comprendono imprese residenti sul territorio nazionale controllate da gruppi esteri¹⁴.

13 Si tratta, in particolare, di tre archivi: a) il registro esteso Frame-Sbs, che riporta annualmente informazioni su elementi strutturali (quali dimensione, settore, localizzazione) e sui principali risultati economici (quali valore aggiunto, fatturato, costo del personale) di tutte le imprese attive in Italia; b) il registro Asia-gruppi, che per tutte le imprese appartenenti a gruppi riporta annualmente informazioni sulle modalità di appartenenza (ad es. come controllante, controllata), sulla nazionalità del controllante e sulla tipologia di gruppo (domestico, multinazionale); c) il registro Coe-Tec, che per tutte le imprese che hanno relazioni con l'estero riporta informazioni sul valore degli scambi (import ed export) e sui mercati di origine e di destinazione dei flussi.

14 Ogni impresa è assegnata, per ciascun anno di riferimento, a una sola categoria; nel caso in cui un'impresa presenti più caratteristiche tra quelle selezionate per l'allocazione lungo la scala dell'internazionalizzazione, essa è attribuita alla classe più elevata. Ciò implica che, ad esempio, nelle classi MNE italiane e MNE estere si trovano imprese appartenenti a gruppi multinazionali (rispettivamente italiani ed esteri) che esportano e importano; la classe *global* comprende anche imprese che esportano nell'UE (oltre che in almeno cinque aree extra-UE) e così via.

Tavola 3.1 - Caratteristiche strutturali delle imprese per forma di internazionalizzazione

Anno 2019, imprese con almeno 10 addetti

Forme di internazionalizzazione	Imprese		Addetti			Valore aggiunto	Produttività	Export	Propensione all'export
	Numero	%	Numero	%	Media	%	(v.agg./ addetti; media; €)	%	(export/ fatturato; media; %)
0 Non internazionalizzate	155.480	69,0	4.207.856	44,2	27,1	27,2	38.479,9	0,0	0,0
1 Solo importatori	7.812	3,5	348.552	3,7	44,6	3,6	60.891,4	0,0	0,0
2 Solo esportatori	17.149	7,6	437.809	4,6	25,5	4,1	55.286,1	2,5	8,8
3 Two-way traders	14.677	6,5	603.129	6,3	41,1	6,8	67.148,3	7,2	13,9
4 Global	9.555	4,2	559.251	5,9	58,5	6,3	67.298,7	15,7	42,7
5 MNE italiane	12.736	5,7	1.900.759	20,0	149,2	29,2	91.427,0	37,2	20,1
6 MNE estere	7.971	3,5	1.456.930	15,3	182,8	22,8	92.921,7	37,5	23,8
Totale	225.380	100,0	9.514.288	100,0	42,2	100,0	62.500,1	100,0	16,6

Fonte: elaborazioni su dati Istat

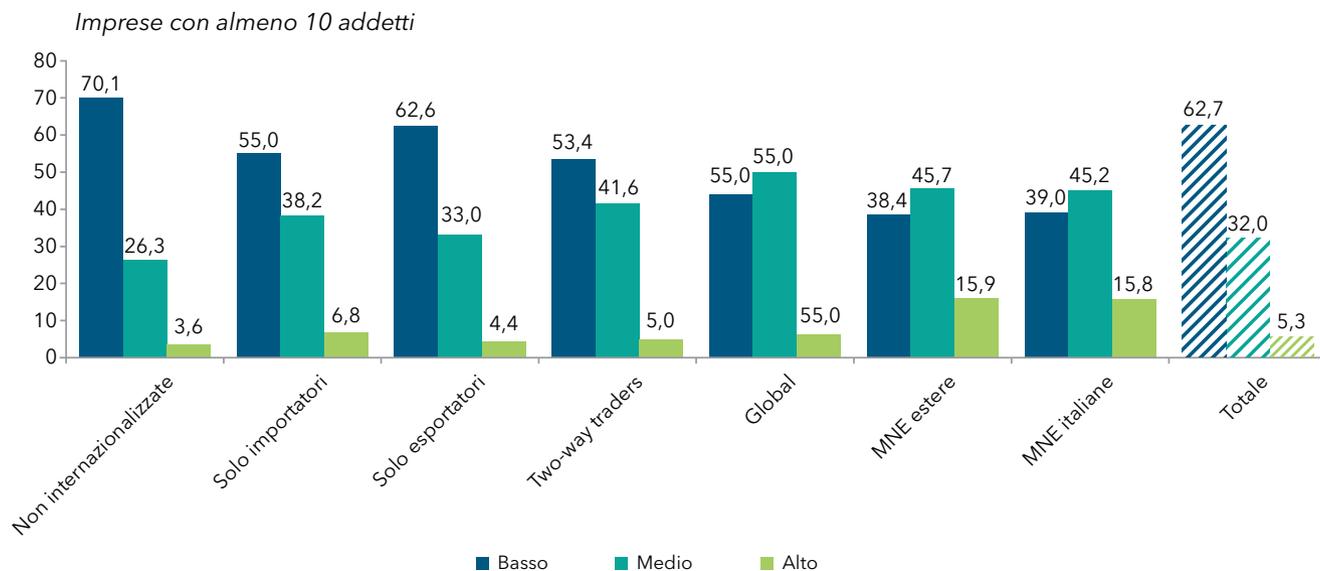
La tavola 3.1 riporta le principali caratteristiche strutturali e di performance delle imprese con almeno 10 addetti che nel 2019 operavano sui mercati internazionali. Come ampiamente noto, le unità che operano all'estero rappresentano una parte minoritaria (circa 30 per cento nel 2019) del sistema produttivo italiano. Tra queste, in termini di numerosità, la classe prevalente è quella dei solo esportatori (7,6%), seguita dal gruppo dei *two-way traders* (6,5%); più contenuto il numero di imprese che adottano forme di internazionalizzazione produttiva (5,7 e 3,5 per cento rispettivamente per le imprese appartenenti a gruppi a controllo italiano ed estero). Tuttavia queste ultime presentano, in linea con le indicazioni della letteratura, una dimensione media aziendale molto più elevata, una maggiore capacità di generare valore aggiunto, una più elevata produttività. La struttura dell'export per tipologia di impresa vede la quota maggioritaria generata dalle multinazionali, italiane ed estere (oltre 37 per cento in entrambi i casi), seguite dalle *global* (15,7%). Un elemento da rimarcare è rappresentato dal limitato ruolo della domanda estera per le imprese manifatturiere solo esportatrici e *two-way traders*: in media esportano rispettivamente poco meno del 9 e del 14 per cento del proprio fatturato, dipendendo quindi in misura del tutto prevalente dal mercato interno. Molto elevato, infine è il ricorso alla domanda estera da parte delle *global*, che mediamente ricavano dalle vendite all'estero oltre il 42 per cento del proprio fatturato.

3.1.4 Digitalizzazione e internazionalizzazione delle imprese italiane prima della crisi pandemica

Alla fine dello scorso decennio e alla vigilia della crisi pandemica, le imprese italiane operanti all'estero presentavano quindi ancora modalità operative caratterizzate in prevalenza da forme poco complesse, con una struttura che vedeva (con l'eccezione delle multinazionali a controllo italiano) le quote più consistenti di unità impegnate nella sola attività di esportazione o di import-export, con una dipendenza ancora elevata dalla domanda interna. All'opposto, all'esigua quota di imprese che presentava forme più complesse di internazionalizzazione era tuttavia associata la maggiore capacità di generare valore aggiunto e una maggiore produttività. Quest'ultima, come accennato in precedenza (paragrafo 3.1.1) e come ampiamente evidenziato in letteratura (paragrafo 1.1), dipende direttamente anche dalla propensione alla digitalizzazione d'impresa; la trasformazione digitale potrebbe quindi costituire un tratto specifico delle unità caratterizzate da modalità operative più complesse sui mercati esteri.

Nonostante, come richiamato in precedenza, la letteratura sull'interconnessione tra internazionalizzazione e digitalizzazione sia ancora molto limitata tale relazione viene comunque riconosciuta come un rilevante elemento alla base dei processi di apertura ai mercati esteri. Diversi sono gli elementi che contribuiscono a questa connessione: tra gli altri, riduzione dei costi di transazione, agevolazione dei flussi informativi e dell'integrazione tra partner, fornitori, clienti e distributori, maggiore flessibilità delle catene di fornitura, individuazione di nuove opportunità di mercato, un più facile accesso a risorse, capacità e conoscenze in paesi esteri.

Incrociando la tassonomia di digitalizzazione precedentemente illustrata (paragrafo 3.1.2) con quella relativa alle modalità di internazionalizzazione (paragrafo 3.1.3), è possibile valutare in quale misura gli investimenti in tecnologie digitali realizzati alla metà del decennio scorso (alla base della tassonomia proposta) si siano riflessi nella capacità di affrontare la competizione internazionale nel periodo precedente la crisi Covid.

Grafico 3.6 - Grado di digitalizzazione (2017) e forme di internazionalizzazione (2019)

Fonte: elaborazioni su dati Istat

Il grafico 3.6 evidenzia l'incidenza dei diversi gradi di digitalizzazione (basso, medio, alto) all'interno di ciascuna forma di internazionalizzazione. Le imprese a bassa digitalizzazione rappresentano oltre il 70 per cento di tutte le unità che operano solo sul mercato interno, ma sono la maggioranza assoluta anche tra quelle che operano sui mercati internazionali secondo le modalità meno evolute; tale incidenza tende a scendere nelle imprese *global* e nelle multinazionali. All'opposto, la presenza di unità a media digitalizzazione appare particolarmente rilevante nelle classi di internazionalizzazione commerciale, in misura via via crescente al crescere della complessità, risultando massima per le imprese *global* (49,9%). La stessa tendenza è riscontrabile per le imprese ad elevata digitalizzazione, la cui incidenza tende a sfiorare il 16 per cento nei due gruppi di imprese multinazionali, una quota più che doppia rispetto a quella che caratterizza tutte le forme di internazionalizzazione commerciale.

3.2 L'impatto della crisi da Covid-19 sul sistema produttivo italiano

Nei paragrafi precedenti emerge dunque una fotografia del sistema produttivo italiano contraddistinto, nel decennio che precede la crisi pandemica, da un processo dinamico di trasformazione digitale e di progressiva adozione di tecnologie avanzate, pur segnato da significativa eterogeneità tra i diversi comparti, legata alle specificità strutturali del nostro sistema produttivo. Da altre evidenze (Istat, 2013 e 2017) emerge come questo processo sia stato accompagnato da una lenta evoluzione verso forme più complesse di presenza nei mercati esteri, favorito a sua volta dal divario apertosi nel corso dello scorso decennio tra la dinamica della domanda interna (debole o stagnante) ed estera (più vivace).

Su questo quadro si è innestata la crisi pandemica, che ha determinato effetti profondi ed eterogenei sulle imprese e settori italiani. I provvedimenti di lockdown, la drastica riduzione della domanda, l'interruzione o il rallentamento delle catene del valore e mancanza di liquidità hanno messo a rischio la sopravvivenza delle imprese, in particolare nel corso del 2020. In seguito la successiva ripresa ciclica si è associata a un netto miglioramento delle condizioni economiche e a una maggiore solidità delle imprese: sulla base dei risultati della terza indagine Covid, rilasciata dall'Istat a novembre 2021 (Istat, 2021), alla fine dello stesso anno più dell'80 per cento delle unità con almeno 3 addetti dichiarava di trovarsi in condizioni di totale o parziale solidità, mentre un anno prima, nei mesi tra la prima e la seconda ondata pandemica, circa un terzo percepiva un rischio di chiusura nell'arco di sei mesi. L'insieme di imprese che a fine 2021 si consideravano in condizione di sufficiente solidità impiegavano (sulla base delle loro caratteristiche strutturali misurate nel 2019) il 90 per cento dell'occupazione e generavano una quota ancora superiore del valore aggiunto nazionale. Un miglioramento in termini di solidità rispetto a fine 2020 si osserva in quasi tutti i settori produttivi: nell'industria la quota di imprese che si sono dichiarate solide o parzialmente solide supera il 75 per cento in tutti i comparti. Nel terziario, più colpito dalle conseguenze della pandemia, l'eterogeneità è maggiore: da un lato, nella grande maggioranza dei comparti la percentuale di imprese sostanzialmente solide assume valori paragonabili a quelli industriali (con picchi superiori al 95 per cento nelle attività di fornitura di personale, assicurazione e fondi pensione), dall'altro permangono situazioni di difficoltà molto diffuse nei settori del trasporto aereo e delle agenzie di viaggio (dove le imprese a rischio sono rispettivamente pari al 62,5 e al 52,6 per cento).

La dimensione d'impresa si conferma un elemento dirimente rispetto alla capacità di tenuta durante la crisi. Tra le microimprese (3-9 addetti) solo una su dieci ha registrato nell'arco del 2021 aumenti di fatturato superiori al 10 per cento, mentre più di un'impresa su quattro ha riportato contrazioni di oltre il 10 per cento. Con l'aumentare della dimensione aziendale, la frequenza di imprese in forte crescita di fatturato si innalza fino a raggiungere il 35 per cento nel caso delle grandi imprese.

3.2.1 Effetti della crisi Covid sui processi di digitalizzazione e internazionalizzazione delle imprese italiane

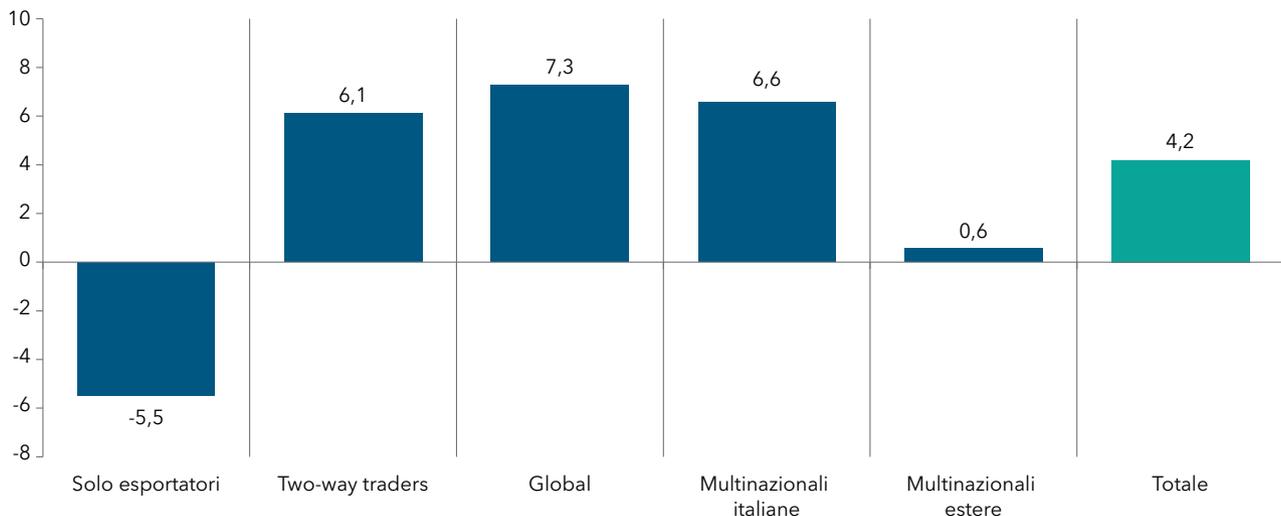
Se la crisi pandemica ha avuto un impatto forte sulla operatività e la sopravvivenza delle imprese, l'effetto sul processo di digitalizzazione e internazionalizzazione è stato diversificato. In particolare, la terza indagine Covid risulta di grande utilità per esplorare le tendenze di una serie di fattori cruciali della trasformazione digitale¹⁵. Ne emerge un quadro dove, da un lato, le imprese italiane sono impegnate a rafforzare una serie di infrastrutture digitali, dall'altro appaiono ancora poco propense all'introduzione di processi e tecnologie più avanzati e potenzialmente capaci di forti impatti sulla produttività. Tra i nove fattori chiave della trasformazione digitale considerati nell'indagine, quello ritenuto più rilevante dalle imprese è relativo alla connessione Internet sia fissa sia mobile (molto importante o cruciale per il 54,3 per cento delle imprese). L'attenzione

¹⁵ Si tratta dell'ultima di una serie di tre indagini realizzate dall'Istat tra il 2020 e il 2021 per dare conto con tempestività degli effetti economici della crisi pandemica sul sistema produttivo italiano. La terza indagine Covid, in particolare, rilasciata a febbraio 2022, si riferisce al periodo giugno-dicembre 2021 (con alcuni quesiti prospettici relativi a giugno 2022) ed è basata su un campione di circa 90 mila unità, rappresentativo dell'universo delle imprese con almeno 3 addetti che operano nel settore dell'industria, del commercio e dei servizi.

posta su questo aspetto dalla maggioranza delle imprese potrebbe segnalare un ritardo ancora non colmato nella piena realizzazione dei piani di connessione digitale ad alta velocità dell'intero Paese. Inoltre, emerge una crescente consapevolezza rispetto ai rischi della digitalizzazione, tanto da dedicare molta attenzione alla sicurezza, in termini sia di prevenzione di attacchi, sia di eventuali azioni di recupero dei dati (il 43,1 per cento considera questo elemento molto importante o cruciale). Similmente, si diffondono tra le imprese pacchetti software per la gestione aziendale resi ancora più efficaci dalle opportunità di collegamento in rete all'interno e all'esterno dell'impresa (43,2%). Minore attenzione sembra invece ricevere la formazione digitale (30,5%). Ancora meno rilevanti sono considerate le tecnologie per innalzare la produttività, scontando probabilmente specificità settoriali oltre che una diffusione ancora limitata, specialmente tra le imprese medio-piccole: la quota di unità che segnalano attenzione per questi fattori (ritenendoli importanti o molto importanti) è intorno al 20 per cento nel caso di automazione e tecnologie 4.0 e di soluzioni cloud e gestione in remoto di servizi e infrastrutture. Ancora meno rilevanti sono considerati il miglioramento dei processi legati al commercio online (contenuti web, magazzino, logistica, ecc.) (14,8%) e le applicazioni di intelligenza artificiale e analisi dei big data (non raggiunge il 10 per cento).

Per quanto riguarda invece gli effetti della crisi Covid sui processi di internazionalizzazione delle imprese italiane, si è messo in evidenza (Istat, 2022) come anche in occasione della fase acuta della crisi pandemica le imprese caratterizzate da forme più evolute di internazionalizzazione siano state contraddistinte da una maggiore tenuta competitiva. La mancanza di dati strutturali relativi al 2021 fa sì che gli effetti della crisi sulla modalità di presidio dei mercati esteri non siano al momento ancora valutabili in maniera compiuta, ma utili indicazioni possono essere tratte dall'analisi della performance sui mercati internazionali nel triennio 2019-2021 delle imprese che nel 2019 avevano relazioni con l'estero.

Considerando la dinamica dell'export (disponibile per le sole imprese industriali) nell'ultimo biennio (grafico 3.7), emerge in primo luogo come solo per la classe meno evoluta di internazionalizzazione si riscontri una flessione delle vendite: le imprese che nel 2019 svolgevano esclusivamente attività di export hanno subito nel biennio successivo una caduta del 5,5 per cento del valore delle esportazioni. Questo gruppo si caratterizza per una minore dimensione aziendale, minore produttività e minore grado di apertura sui mercati esteri (vedi sopra, tavola 3.1). Per tutte le altre forme di internazionalizzazione, invece, si è registrato un incremento delle vendite rispetto al periodo pre-pandemia. La dinamica delle esportazioni è stata trainata in particolare dall'export delle imprese *global* (+7,3%) e delle imprese multinazionali italiane (+6,6%), con un apporto simile anche da parte delle *two-way traders* (+6,1%). La performance è risultata, invece, molto meno positiva per le multinazionali a controllo estero in Italia, il cui valore dell'export nel 2021 è risultato superiore di appena 0,6 per cento rispetto a quello osservato nel 2019.

Grafico 3.7 - Variazione dell'export, per forma di internazionalizzazione*Industria in senso stretto, anni 2019-2021**Fonte: Istat (2022)*

Queste prime evidenze sembrano confermare come, anche in occasione della crisi recente, una più articolata partecipazione al commercio estero attraverso forme evolute di internazionalizzazione (quantomeno per le imprese dei comparti industriali, quelle cioè con maggiore propensione all'export) rimanga un elemento cruciale ai fini della performance delle imprese, in generale e anche sui mercati esteri.

3.3 Le scelte di digitalizzazione e internazionalizzazione all'uscita dalla crisi Covid-19

Alla luce di quanto finora esposto, si intende approfondire il legame tra internazionalizzazione, digitalizzazione e tenuta competitiva delle imprese; si farà nuovamente uso delle due tassonomie precedentemente illustrate, che costituiscono quindi la lente attraverso cui si effettua una prima valutazione della tenuta del sistema produttivo italiano rispetto alle conseguenze negative della crisi pandemica. Dalla integrazione tra le fonti alla base degli indicatori relativi al grado di digitalizzazione e forme di internazionalizzazione si determina un campione di poco più di 19 mila unità, con caratteristiche strutturali piuttosto eterogenee (tavola 3.2).

In primo luogo, l'ampia rilevanza numerica delle imprese domestiche rispetto a quelle che operano sui mercati esteri fa sì che le classi più numerose derivanti dall'incrocio delle due tassonomie siano quelle dove sono collocate le imprese non internazionalizzate; queste ultime presentano caratteristiche di bassa e media digitalizzazione (rispettivamente il 36,5 e l'11,9 per cento dell'intero campione). Valore aggiunto ed occupazione sono più elevati nelle classi dove sono presenti imprese multinazionali, fortemente crescenti al crescere del grado di digitalizzazione; ancora più evidente il "premio"

di produttività, che aumenta all'aumentare sia del grado di digitalizzazione, sia delle forme di partecipazione ai mercati esteri. La propensione all'export, come atteso, è più elevata per le imprese *global*, indipendentemente dal grado di digitalizzazione; occorre notare, tuttavia, come in generale in quasi tutti i casi la ridotta propensione all'export segnali una sostanziale dipendenza dalla domanda interna. In una prospettiva settoriale, infine, non si nota una forte concentrazione dei comparti in determinate classi: al contrario, alcuni settori ricorrono più volte tra quelli prevalenti in ciascuna tipologia delle combinazioni proposte.

Tavola 3.2 - Caratteristiche strutturali delle imprese, per grado di digitalizzazione e forma di internazionalizzazione.

Anni 2017 e 2019, imprese con almeno 10 addetti

Grado di digitalizzazione	Forma di internazionalizzazione	Imprese		Addetti	Valore aggiunto	Valore aggiunto/ addetti	Propensione all'export	Settori prevalenti
		Numero	(%)	(%)	(%)	(Media; €)	(export/ fatturato; Media; %)	
1 Basso	0 Non internazionalizzate	6.959	36,5	11,2	5,6	38.536,9	0,0	Edifici e paesaggio; Costruzioni; Reti fognarie; Magazzinaggio; Poste
1 Basso	1 Solo importatori	429	2,3	0,6	0,5	63.379,7	0,0	Tessile; Legno; Stampa; Coke e raffinerie; Commercio all'ingrosso
1 Basso	2 Solo esportatori	767	4,0	0,9	0,6	50.450,2	8,8	Bevande; Carta; Stampa; Mobili; Prod. in metallo; Altri prod. non metalliferi
1 Basso	3 Two-way traders	664	3,5	1,5	1,3	67.392,7	12,3	Tessile; Abbigliamento; Pelli; Legno; Gomma e plastica; Trasporto marittimo
1 Basso	4 Global	356	1,9	0,8	0,8	76.054,7	55,4	Tessile; Macchinari; Mobili; Altre manifatturiere
1 Basso	5 MNE italiane	429	2,3	2,5	2,6	81.388,4	32,9	Farmaceutica; R&S; Metallurgia; Macchinari; Autoveicoli;
1 Basso	6 MNE estere	381	2,0	2,8	3,3	92.207,5	23,9	Farmaceutica; Architettura/ Ingegneria; Chimica; Carta; Autoveicoli; Altri mezzi di trasporto
2 Medio	0 Non internazionalizzate	3.257	17,1	11,9	7,0	45.650,0	0,0	Acqua; Energia elettrica; Alloggio; Programmazione/ Trasmissione; Ristorazione; Riparazione PC
2 Medio	1 Solo importatori	393	2,1	2,4	1,7	53.650,8	0,0	Coke; Commercio all'ingrosso; Telecomunicazioni; Rifiuti
2 Medio	2 Solo esportatori	486	2,6	0,9	0,7	57.294,4	2,9	Noleggio e leasing; Commercio di autoveicoli; Bevande; Gomma e plastica

Grado di digitalizzazione	Forma di internazionalizzazione	Imprese		Addetti	Valore aggiunto	Valore aggiunto/addetti	Propensione all'export	Settori prevalenti
		Numero	(%)	(%)	(%)	(Media; €)	(export/fatturato; Media; %)	
2 Medio	3 Two-way traders	656	3,4	2,2	2,0	69.213,2	11,2	Metallurgia; Carta; Legno; Gomma e plastica; Autoveicoli; Pelli
2 Medio	4 Global	496	2,6	1,9	1,8	74.670,5	40,5	Bevande; Tessile; Computer; Mobili; Alimentari; Macchinari
2 Medio	5 MNE italiane	929	4,9	11,5	12,7	84.873,6	28,2	Macchinari, Autoveicoli; Altri mezzi di trasporto; Metallurgia; Farmaceutica; Gomma e plastica
2 Medio	6 MNE estere	736	3,9	10,0	12,7	97.180,3	28,6	Farmaceutica; Autoveicoli; Chimica; R&S; Coke e raffinerie
3 Alto	0 Non internazionalizzate	570	3,0	2,7	2,2	63.246,5	0,0	Software e consul. Informatica; Telecomunicazioni; Consulenza aziendale; Ag. di viaggio; Alloggio; Pubblicità; Editoria
3 Alto	1 Solo importatori	108	0,6	1,1	1,1	80.463,1	0,0	Consulenza aziendale; R&S; Telecomunicazioni; Noleggio e leasing
3 Alto	2 Solo esportatori	112	0,6	0,5	0,3	47.752,1	1,5	Commercio di autoveicoli; Trasporto marittimo; Editoria; Bevande
3 Alto	3 Two-way traders	157	0,8	2,5	1,8	54.818,2	1,6	Editoria; Telecomunicazioni; Commercio all'ingrosso; R&S
3 Alto	4 Global	112	0,6	4,9	2,9	46.164,9	12,8	Bevande; Mobili; Poste; Chimica; Alimentari
3 Alto	5 MNE italiane	578	3,0	13,9	21,1	117.259,5	25,0	Trasporto aereo; Pelli; Appar. elettriche; Editoria; Trasporto marittimo; Macchinari
3 Alto	6 MNE estere	473	2,5	13,1	17,0	99.876,8	27,4	Trasporto aereo; Farmaceutica; Consulenza aziendale; Noleggio e leasing;
Totale		19.048	100,0	100,0	100,0	77.011,8	22,0	

Fonte: elaborazioni su dati Istat

Sulla base di queste informazioni, si intende quindi approfondire il ruolo di tali fattori nel contribuire alla capacità di tenuta del sistema produttivo negli anni della pandemia. A tal fine si utilizzano i risultati della già citata terza indagine Covid, pubblicata dall'Istat a novembre 2021 (Istat, 2021), integrata con l'archivio Frame per l'anno 2019. In particolare, dall'indagine si utilizzano le informazioni relative sia alla previsione sul grado di solidità operativa percepita dagli imprenditori nel primo semestre 2022 (quattro possibili modalità di risposta: solida, parzialmente solida, parzialmente a rischio; a rischio), sia alla realizzazione di fatturato nel corso del 2021 (sette possibili modalità di risposta: tre relative a diverse entità di diminuzione dei ricavi, una alla stabilità, tre a diverse entità di incremento). Sulla base di queste informazioni si stima il contributo fornito dalle combinazioni tra digitalizzazione e internazionalizzazione alla probabilità d'impresa di risultare solida e in crescita (una condizione che unisce la percezione di solidità degli imprenditori relativamente al primo semestre 2022 all'aumento di fatturato realizzato nel corso del 2021).

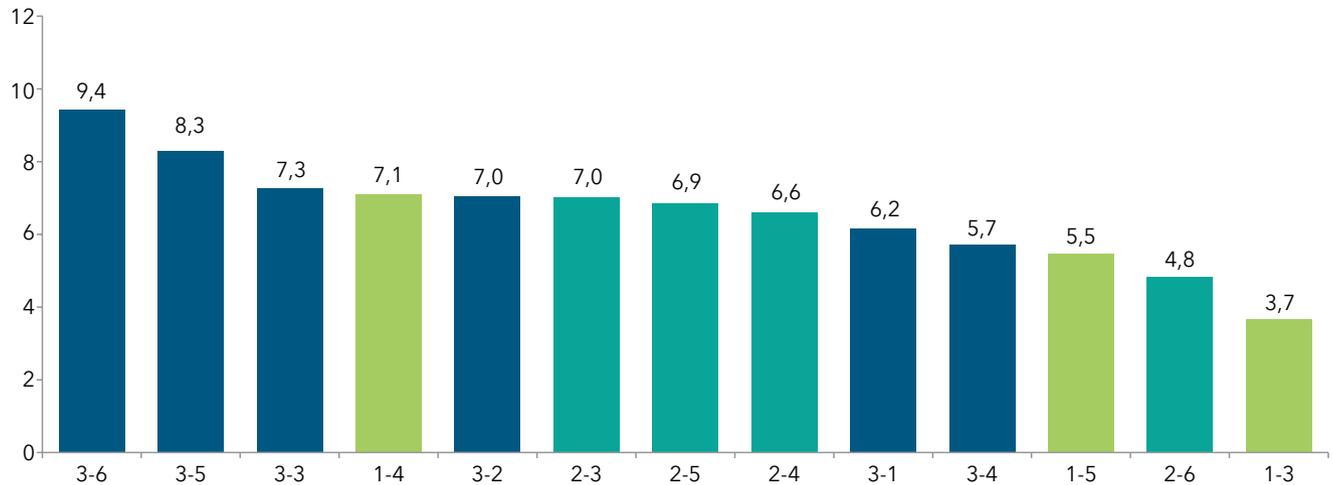
I risultati delle stime (grafico 3.8 e appendice) evidenziano come, all'uscita della crisi Covid, i più rilevanti contributi positivi ad un percorso di solidità d'impresa, rispetto a una condizione di bassa digitalizzazione e assenza di operatività all'estero (assunto come riferimento dei risultati) sarebbero forniti da imprese con livelli di digitalizzazione elevati (classe 3 della tassonomia) e con forme più complesse di operatività sui mercati internazionali (classi 5 e 6: multinazionali a controllo nazionale ed estero). La digitalizzazione risulta quindi essere un elemento dirimente per la solidità d'impresa in periodo Covid, soprattutto se associata a modalità avanzate di operatività sui mercati esteri: anche imprese meno evolute sotto questo ultimo aspetto, ma comunque caratterizzate da elevata digitalizzazione, forniscono un contributo positivo alla solidità.

Anche nel caso in cui l'impresa presenti un basso livello di digitalizzazione (classe 1), potrebbe comunque vedere aumentata la probabilità di essere solida e in crescita qualora risulti global (classe 4 della tassonomia di internazionalizzazione) o appartenga a un gruppo multinazionale a controllo italiano (classe 5). Positivo, ma inferiore, il contributo per le imprese a bassa digitalizzazione con contemporanea attività di import-export (classe 3).

Anche le imprese con un livello medio di digitalizzazione (classe 2 della relativa tassonomia) beneficiano di un "premio" in termini di solidità e crescita, se caratterizzate dalle forme più evolute di presenza sui mercati esteri (dalla classe 3 alla classe 6).

Grafico 3.8 - Contributi alla probabilità di essere solidi e di avere aumentato il fatturato, per classe di digitalizzazione e internazionalizzazione

Anno 2021, imprese con almeno 10 addetti, punti percentuali; differenziali rispetto alla condizione di impresa a bassa digitalizzazione e non internazionalizzata (a)



(a) Il primo numero alla base degli istogrammi si riferisce al grado di digitalizzazione (1 = basso; 2 = medio; 3 = alto); il secondo numero si riferisce alla forma di internazionalizzazione (0 = non internazionalizzata; 1 = solo importatore; 2 = solo esportatore; 3 = Two-way trader; 4 = Global; 5 = Appartenente a gruppo multinazionale a controllo italiano; 6 = Appartenente a gruppo multinazionale a controllo estero).

Infine, il contributo positivo fornito dalle combinazioni di bassa digitalizzazione e condizione di *two-way traders*, *global* e multinazionale a controllo italiano (classi 1-3, 1-4 e 1-5) può essere spiegato dalla relativamente elevata apertura al commercio estero di queste imprese (55,4 e 32,9 per cento rispettivamente, si veda tavola 1 precedente).

3.4 Conclusioni

La letteratura economica ha da tempo indicato la trasformazione digitale e l'internazionalizzazione come due rilevanti fattori di stimolo alla solidità e alla crescita delle imprese. Si tratta tuttavia di processi che richiedono tempo e risorse economiche sia per la loro realizzazione, sia soprattutto per il pieno sfruttamento dei vantaggi ad essi legati.

Al riguardo, il sistema produttivo italiano è stato investito dalla crisi pandemica in una fase di trasformazione - avviata successivamente alla doppia crisi dei subprime e del debito sovrano - ancora largamente incompiuta. In particolare, nel corso del decennio appena trascorso le imprese avevano intrapreso un processo di trasformazione digitale che ha risentito dell'azione di elementi settoriali e dimensionali: l'estrema frammentazione produttiva, unita al prevalere di attività a basso o medio contenuto tecnologico e di conoscenza, hanno infatti fortemente condizionato sia l'entità sia la tipologia di investimenti nella digitalizzazione dei processi.

Allo stesso tempo, gli anni di ripresa ciclica precedenti la pandemia sono stati caratterizzati anche da un divario crescente tra la dinamica (vivace) della domanda estera e quella (molto debole) della domanda interna. In tali condizioni la capacità di operare sui mercati internazionali è divenuta una condizione di grande rilevanza ai fini della resilienza e della tenuta competitiva delle imprese italiane. Sotto questo aspetto, inoltre, in linea con le indicazioni della letteratura, risalta l'importanza di affrontare la competizione internazionale attraverso forme complesse di presenza sui mercati esteri, sebbene queste ultime coinvolgano ancora un esiguo segmento del sistema produttivo: se da un lato si è osservato un progressivo spostamento delle imprese verso modelli di internazionalizzazione più evoluti, dall'altro, alla fine del decennio prevalevano ancora modalità di partecipazione poco complesse, con una struttura che vedeva le quote più consistenti di unità impegnate nella sola attività di esportazione o di import-export e una dipendenza ancora elevata dalla domanda interna.

Tuttavia, la letteratura empirica sugli effetti congiunti di digitalizzazione e internazionalizzazione d'impresa, è ancora molto limitata. In questo contributo si vuole colmare almeno in parte tale vuoto fornendo alcune prime indicazioni sulla possibilità che la combinazione di questi due processi evolutivi abbia favorito una maggiore capacità di resistere alle conseguenze più negative della crisi pandemica. L'analisi qui proposta prende le mosse da due classificazioni in grado di cogliere la complessità dei due fenomeni. In particolare, in primo luogo si utilizza una tassonomia del grado di digitalizzazione delle imprese che tiene in considerazione sia l'articolazione dell'utilizzo delle tecnologie ICT sia la dinamica degli investimenti passati; in secondo luogo, si fa ricorso a una tassonomia che classifica le imprese in base alla forma, più o meno complessa, di internazionalizzazione da esse adottata.

Dall'integrazione delle due tassonomie è stato possibile stimare il contributo che i due processi hanno fornito alla capacità delle imprese di realizzare fatturato durante la crisi e di avere prospettive di solidità economica all'uscita dalla recessione da Covid-19 (giugno 2022). I risultati suggeriscono come, anche al netto della evidente componente settoriale della crisi, un elevato grado di digitalizzazione abbia favorito la crescita delle imprese nel difficile biennio 2020-2021. Tale effetto è ulteriormente accresciuto se associato a forme di internazionalizzazione più avanzate o a una maggiore propensione all'export. Va ricordato, tuttavia, come tali benefici riguardino ancora una quota minoritaria di imprese.

Appendice: dati e metodologia

L'analisi del legame tra digitalizzazione, internazionalizzazione e performance recente delle imprese italiane è stata realizzata integrando diverse fonti di dati, di natura statistica e amministrativa, in particolare:

1. la "Rilevazione sulle tecnologie dell'informazione e della comunicazione" (Rilevazione ICT) nelle imprese, basata su un campione di oltre 20.000 unità rappresentative dell'universo di imprese con almeno 10 addetti operanti nei settori di manifattura, energia, costruzioni e servizi non finanziari;
2. il Registro esteso "Frame-Sbs", che riporta annualmente informazioni su elementi strutturali (quali dimensione, settore, localizzazione) e sui principali risultati economici (quali valore aggiunto, fatturato, costo del personale) di tutte le oltre 4 milioni di imprese attive in Italia;
3. il registro "Asia-gruppi", che per tutte le imprese appartenenti a gruppi riporta annualmente informazioni sulle modalità di appartenenza (ad es. come controllante, controllata), sulla nazionalità del controllante e sulla tipologia di gruppo (domestico, multinazionale);
4. il registro "Coe-Tec", che per tutte le imprese che hanno relazioni con l'estero riporta informazioni sul valore degli scambi (import ed export) e sui mercati di origine e di destinazione dei flussi;
5. la rilevazione su "Situazione e prospettive delle imprese dopo l'emergenza sanitaria Covid-19" (terza indagine Covid). Rilasciata a febbraio 2022, si riferisce al periodo giugno-dicembre 2021 (con alcuni quesiti prospettici relativi a giugno 2022) ed è basata su un campione di circa 90.000 unità, rappresentativo dell'universo delle imprese con almeno 3 addetti che operano nel settore dell'industria, del commercio e dei servizi.

L'integrazione delle prime due fonti ha permesso di stimare l'indicatore del grado di digitalizzazione delle imprese presentato nel paragrafo 3.1.2. e ricavare la relativa tassonomia. Dall'integrazione dei tre registri (fonti 2, 3 e 4) è stato invece possibile costruire la tassonomia delle forme di internazionalizzazione proposta nel paragrafo 3.1.3.

Infine, l'utilizzo integrato delle due tassonomie e della terza indagine Covid ha dato origine al dataset di oltre 19.000 imprese con almeno 10 addetti descritto nel paragrafo 3.3. e nella tavola 2. A partire da quest'ultimo è stato stimato l'effetto delle diverse combinazioni tra grado di digitalizzazione e forma di internazionalizzazione sulla probabilità che l'impresa, nei difficili mesi coperti dall'indagine Covid, risultasse comunque solida e in crescita (una condizione che unisce la percezione di solidità degli imprenditori relativamente al primo semestre 2022 all'aumento di fatturato realizzato nel corso del 2021).

In particolare, è stato stimato il seguente modello logistico:

$$Prob(Solid\&Growth_i = 1 | dig\&intern_i, Digitalizzazione_i, Internazionalizzazione_i, Size_i, Sett_i, Geo_i) = \frac{e^{(\hat{a}_1 dig\&intern_i + \hat{a}_2 digitalizzazione_i + \hat{a}_3 Internazionalizzazione_i + \hat{a}_4 Size_i + \hat{a}_5 Sett_i + \hat{a}_5 Geo_i)}}{1 + e^{(\hat{a}_1 dig\&intern_i + \hat{a}_2 digitalizzazione_i + \hat{a}_3 Internazionalizzazione_i + \hat{a}_4 Size_i + \hat{a}_5 Sett_i + \hat{a}_5 Geo_i)}} = \Lambda(\hat{C}_i)$$

dove $Prob(Solid\&Growth_i=1)$ rappresenta la probabilità che l'impresa i si percepisca solida (in relazione al primo

semestre 2022) e abbia registrato un aumento di fatturato nel 2020-2021; Λ rappresenta la distribuzione logistica e, per l'impresa i , $dig&intern_i$ è una variabile dummy che individua la combinazione tra grado di digitalizzazione (3 classi: basso, medio, alto) e forma di internazionalizzazione (7 classi: da non internazionalizzata a multinazionale a controllo estero; cfr. Par. 3.1.3); $digitalizzazione$; $internazionalizzazione$; $Size$; $Sett$; Geo ; rappresentano controlli per grado di digitalizzazione (3 modalità), forma di internazionalizzazione (7 modalità), dimensione (3 classi dimensionali: 10-49 addetti, 50-249 addetti, 250 addetti e oltre), settore (a livello di disaggregazione di 2 cifre Ateco) e localizzazione geografica dell'impresa (4 macro-ripartizioni: Nord-ovest, Nord-est, Centro, Sud e isole).

I risultati della stima del contributo di ciascuna variabile esplicativa alla probabilità di risultare solida e di avere aumentato il fatturato nel biennio 2020-2021 (in termini di differenziale rispetto a una condizione di impresa non internazionalizzata a bassa digitalizzazione), sono riportati nella tavola A1.

Tavola A1 - Digitalizzazione, internazionalizzazione e capacità di resistere durante la crisi pandemica.

Effetti marginali; benchmark: impresa a bassa digitalizzazione non internazionalizzata; punti percentuali)

Variabili				Contributo alla probabilità di essere solido e di aumentare il fatturato
1	Basso	0	Non internazionalizzate	0,078 -0,232
1	Basso	1	Solo importatori	0,074 -0,178
1	Basso	2	Solo esportatori	0,401** -0,156
1	Basso	3	Two-way traders	0,778*** -0,173
1	Basso	4	Global	0,598*** -0,156
1	Basso	5	MNE italiane	0,285 -0,184
1	Basso	6	MNE estere	0,255** -0,102
2	Medio	0	Non internazionalizzate	0,234 -0,208
2	Medio	1	Solo importatori	0,145 -0,206
2	Medio	2	Solo esportatori	0,768*** -0,146
2	Medio	3	Two-way traders	0,724*** -0,149

Variabili				Contributo alla probabilità di essere solido e di aumentare il fatturato
2	Medio	4	Global	0.751*** -0,123
2	Medio	5	MNE italiane	0.529*** -0,137
2	Medio	6	MNE estere	0,153 -0,204
3	Alto	0	Non internazionalizzate	0.675** -0,305
3	Alto	1	Solo importatori	0.771** -0,308
3	Alto	2	Solo esportatori	0.796*** -0,247
3	Alto	3	Two-way traders	0.625** -0,283
3	Alto	4	Global	0.909*** -0,138
3	Alto	5	MNE italiane	1.032*** -0,146
3	Alto	6	MNE estere	-4.051*** -0,557
Digitalizzazione				sì
Internazionalizzazione				sì
Dimensione				sì
Settore				sì
Territorio				sì
Osservazioni				15.486
Pseudo-R2				0,104

Fonte: elaborazioni su dati Istat

Modello logit (effetti marginali); (robust) standard error in corsivo; variabile dipendente: condizione di impresa solida e con fatturato in aumento nel 2020-2021; grado di digitalizzazione: 2017; forma di internazionalizzazione: 2019; controlli: 2018; benchmark: impresa a bassa digitalizzazione non internazionalizzata. *, **, *** indicano significatività statistica rispettivamente al 10, 5 e 1%.

Bibliografia

Bernard A.B., S.J. Redding e P.K. Schott (2011), *Multi-product firms and trade liberalization*. Quarterly Journal of Economics, 126(3), pp. 1271-1318.

Biagi F e M. Parisi (2012), *Are ICT, human capital and organizational capital complementary in production? Evidence from Italian panel data*. EUR 25542 EN. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office of the European Union. JRC75890

Bloom N., Sadun R., Van Reenen J. (2012), *Americans Do It Better: US Multinationals and the Productivity Miracle*. The American Economic Review, 102, 1:167-201. DOI: 10.1257/aer.102.1.167.

Bugamelli M., Pagano P. (2004), *Barriers to Investment in ICT*. Applied Economics, 36, 20: 2275-2286. DOI: 10.1080/0003684042000270031

Collins L. M., Lanza S. T. (2009), *Latent Class and Latent Transition Analysis. With Applications in the Social, Behavioral, and Health Sciences*. Wiley Series in Probability and Statistics. New York: Wiley. DOI: 10.1002/9780470567333.

Costa S., Pappalardo C., Vicarelli C. (2017), *Internationalization choices and Italian firm performance during the crisis*. Small Business Economics, vol.48 (3), pp.753-769

Costa S., De Santis S., Nurra A., Salamone S., Vicarelli C., (2021) *Indifferenza, sensibilità, compiutezza: una mappa della propensione alla trasformazione digitale nel sistema produttivo italiano*. Scienze Regionali, vol. 20, 3/2021, pp. 439-458

Costa S., Sallusti F., Vicarelli C. (2022), *Trade networks and shock transmission capacity: a new taxonomy of Italian industries*. Journal of Industrial and Business Economics, vol.49 (1), pp.133-153.

ESSLait, *ESSnet on Linking of Microdata to Analyse ICT Impact*, disponibile on line in <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/341889/725524/2013-esslait-final-report-final.pdf/37a40b46-a95f-4d4f-b8bc-f5456b81b2e6>.

Istat (2013), *Rapporto sulla competitività dei settori produttivi*. Roma, marzo. Disponibile al sito: <https://www.istat.it/it/files/2013/02/Rapporto-competitivit%C3%A0.pdf>.

Istat (2017a), *Rapporto sulla competitività dei settori produttivi*. Roma, marzo. Disponibile al sito: <https://www.istat.it/storage/settori-produttivi/2017/Rapporto-competitivita-2017.pdf>.

Istat (2017b), *Cittadini, imprese e ICT, Statistica Report*, 21 dicembre, www.istat.it/it/archivio/207825.

Istat (2018), *Rapporto sulla competitività dei settori produttivi*. Roma, marzo. Disponibile al sito: <https://www.istat.it/it/archivio/212438>

Istat (2021), *Situazione e prospettive delle imprese dopo l'emergenza sanitaria Covid-19*, https://www.istat.it/it/files//2022/02/REPORT-COVID-IMPRESA_2022.pdf

Istat (2022), *Rapporto sulla competitività dei settori produttivi*. Roma, aprile. Disponibile al sito: <https://www.istat.it/storage/settori-produttivi/2022/Rapporto-competitivita%20C3%A0.pdf>

Istat, Assinform (2017), *Il Settore IT in Italia. Cambiamenti strutturali, opportunità e sfide*. Roma, dicembre. Disponibile al sito: www.anitec-assinform.it/aree/pubblicazioni.kl.

Istat (2018), *Rapporto sulla competitività dei settori produttivi*. Roma, marzo.

Melitz M.J. (2003), *The impact of trade on intra-industry reallocations and aggregate industry productivity*. *Econometrica*, 71(6), pp. 1695-1725.

Melitz M.J. e G.I.P. Ottaviano (2008), *Market size, trade, and productivity*. *Review of Economic Studies*, 75(1), pp. 295-316.

Pellegrino B., Zingales L. (2017), *Diagnosing the Italian Disease*. National Bureau of Economic Research n. w23964, ottobre.

Wagner J. (2012), *International trade and firm performance: a survey of empirical studies since 2006*. *Review of World Economics*, Vol. 148, pp. 235-267.

APPROFONDIMENTI

Additive manufacturing*

Definizione

Con il termine Additive Manufacturing (AM), o manifattura additiva, si intendono i processi di unione di materiali per realizzare parti tridimensionali partendo da file digitali. Le parti prodotte di solito vengono realizzate strato su strato, in contrapposizione alle metodologie di fabbricazione sottrattiva e formativa. Questo tipo di produzione è definibile come additiva perché permette di costruire un prodotto aggiungendo strati di materiale, mentre la produzione sottrattiva (SM), che è stata la prassi per anni, lo fa rimuovendo strati. Questa tecnologia ha guadagnato sempre più interesse nel mondo accademico e industriale. Le tecnologie AM possono essere considerate tecnologie di produzione avanzate e sono state utilizzate in origine come un mezzo per la prototipazione e produzione rapida; in particolare se destinate a componenti o prodotti per l'uso finale effettivo.

La tecnologia si è evoluta a metà degli anni '80, quando i sistemi informatici e di controllo sono progrediti. L'AM ha guadagnato molta attenzione perché il processo ha dimostrato di essere compatibile con la produzione industriale oltre che con la prototipazione. In una produzione AM, gli oggetti fisici tridimensionali vengono prodotti attraverso la formazione di strati di materia sulla base di un progetto digitale (di solito un file CAD). I processi AM possono essere diversi. Possono essere suddivisi in base allo stato fisico della materia stampata (processi basati su liquidi, solidi e polveri) e al metodo applicato per fondere la materia a livello molecolare (termico, luce ultravioletta (UV), laser o fascio di elettroni). I processi più comunemente applicati sono la stereolitografia (SLA), la sinterizzazione laser selettiva (SLS), l'elaborazione digitale della luce (DLP), la modellazione a deposizione fusa (FDM), la fusione laser selettiva (SLM), la fusione multijet (MJF), e la fusione a fascio elettronico. Polimeri, leghe di alluminio, acciaio e titanio, nonché compositi ceramici sono attualmente stampabili con spessori minimi di 20-100 μm , a seconda del processo e dello stato fisico del materiale. Pertanto, l'AM può essere applicata a diversi mercati manifatturieri. Permette una potenziale sostituzione dei processi convenzionali di tipo sottrattivo. L'AM ha il grande vantaggio di consentire la realizzazione di geometrie complesse a forma libera, poiché il processo non è vincolato dalle limitazioni tecnologiche dei processi di produzione convenzionali.

* A cura dell'Osservatorio Export Digitale, Osservatori Digital Innovation, School of Management del Politecnico di Milano.

Vantaggi e campi di applicabilità

L'impiego delle tecnologie AM genera diversi impatti potenzialmente positivi.

In prima battuta, vi è l'effetto dell'AM sulle prestazioni operative di produzione. L'AM è potenzialmente in grado di ridurre i costi di produzione nei mercati con catene di produzione a basso volume, personalizzate e di alto valore, come la produzione di componenti aerospaziali o medicali. Ciò può inoltre portare ad una riduzione della CO2 emessa nella filiera produttiva, se essa viene riconfigurata correttamente. L'AM può essere in grado di creare un unico componente complesso che, se fosse creato con un tradizionale metodo di produzione SM, richiederebbe la produzione di più sub-componenti da assemblare successivamente. Questo è un classico esempio di semplificazione dei processi produttivi ottenibile attraverso l'AM.

Un effetto potenzialmente importante delle tecnologie AM riguarda il modo in cui la configurazione di una filiera può essere impattata da questa tecnologia. Un normale sistema produttivo che si basa su tecnologie SM porta solitamente ad economie di scala: aumentare l'intensità della produzione porta ad una riduzione progressiva dei costi marginali; quindi, più si implementa un'economia di scala, più i costi totali sono giustificati. Le tecnologie AM non seguono questa logica: nei processi produttivi convenzionali (SM) i costi sono in gran parte determinati dalle spese per i mezzi produttivi, che vengono ammortizzate nel corso dei cicli di produzione, mentre le tecnologie AM hanno solitamente un costo per unità prodotta costante, che può essere inferiore al costo per unità di un sistema produttivo basato su tecnologie SM e caratterizzato da più produzioni intermedie.

Diversi studi sulla relazione fra AM e internazionalizzazione concordano su un importante potenziale delle tecnologie AM: queste tecnologie possono rivoluzionare la manifattura tradizionale, sostituendo le economie di scala con le "economie dell'uno": la flessibilità, la velocità e l'assenza di complessità, tipiche dell'AM, permettono di fornire prodotti su misura con costi unitari costanti. Questo avviene perché la tecnologia AM permette la produzione di lotti più piccoli, diversificati e personalizzati, non vincolati alle dinamiche tipiche delle economie di scala.

In sintesi, le ridotte economie di scala tipiche della tecnologia AM impattano sulla configurazione dell'intera filiera: se questa tecnologia venisse combinata con *supply chain* più brevi, potrebbe portare le produzioni a essere più decentralizzate e più in prossimità dei consumatori finali, con un beneficio di efficienza in termini di costi rispetto alla produzione centralizzata in un singolo paese. In altre parole, è probabile che le aziende che adottino la tecnologia AM si spostino dalla produzione in un singolo stabilimento alla produzione in più stabilimenti in diversi mercati con grandi concentrazioni di consumatori. In questo scenario, le imprese si trasformano in imprese più orizzontali che avviano una produzione con diversi

siti produttivi più piccoli in diversi paesi, con *supply chain* più brevi in prossimità dei consumatori finali. Dal punto di vista del consumatore, la produzione diventa più localizzata, con il bene prodotto che viene fabbricato più localmente. Dal punto di vista dell'impresa, la produzione diventa più globalizzata, poiché aumenta la propensione e l'intensità della produzione internazionale.

Quanto appena spiegato impatta sulle strategie di gestione della filiera: adottando le tecnologie AM e riconfigurando la filiera in modo adeguato, le aziende possono trarre una serie di vantaggi strategici. Ad esempio, catene produttive caratterizzate da produzione e assemblaggio di più componenti intermedi potrebbero essere "accorciate" e ritrasferite dai paesi a basso salario - caratterizzati da una forza lavoro mediamente meno qualificata e più numerosa - a quelli ad alto salario - caratterizzati da una forza lavoro meglio qualificata per le competenze tecniche necessarie ad una produzione tramite AM. Questo processo permetterebbe di accorciare la propria *supply chain*, in quanto l'AM può ridurre la necessità di produzione intermedia, specialmente se basata su manodopera meno qualificata. Ciò potrebbe portare le produzioni ad essere più snelle, orizzontali e localizzate vicino ai consumatori finali (come spiegato in precedenza), abbandonando strutture che si basano su lunghe *supply chain* delocalizzate. L'AM può quindi fornire un vantaggio competitivo se associato ad una corretta strategia di gestione della propria filiera, soprattutto se il mercato è incerto e richiede ampia varietà di prodotti e adattabilità alle diverse esigenze dei clienti, oltre a un *time to market* più breve.

L'AM può potenzialmente sostituire la produzione tradizionale o consentire la creazione di tipi di offerta completamente nuovi, e le decisioni in merito sono altamente strategiche per un'impresa che vuole adottare tale tecnologia. Quando l'AM sostituisce la produzione tradizionale, i prodotti hanno più o meno lo stesso design. L'approccio sostitutivo richiederebbe idealmente che i prezzi delle macchine e dei materiali diminuiscano, che la velocità di produzione delle macchine AM aumenti e che aumentino ordini dei clienti e collaborazione con essi. La creazione di nuove offerte per l'AM implica, invece, l'identificazione di un modo completamente nuovo di creare valore per il cliente, basato su vantaggi come la personalizzazione, nonché la progettazione e la produzione di componenti o prodotti completamente nuovi. Nelle *supply chain* tradizionali, le aziende possono intraprendere una gamma limitata di attività, come il subappalto della produzione o la distribuzione dei prodotti, mentre i nuovi paradigmi, come l'incorporazione dell'AM nella *supply chain*, introducono la possibilità di ruoli multipli nella catena del valore: ad esempio, i *retailer* possono modificare e fabbricare prodotti personalizzati utilizzando tecniche di produzione AM, modificando il ruolo che tradizionalmente assumono in una *value chain*.

L'adozione delle tecnologie AM può avere un impatto anche sul rapporto con i consumatori. L'AM può potenzialmente integrare meglio i clienti nel processo di creazione del valore e mitigare i problemi delle economie di scala e della varietà dei prodotti. Le esigenze di personalizzazione dei clienti possono essere meglio soddisfatte creando prodotti che rispondono ai loro requisiti, poiché l'AM offre una libertà di progettazione

quasi illimitata, rendendo possibile una vera e propria personalizzazione di massa dei prodotti. La capacità di produrre prodotti innovativi e personalizzati attraverso una *supply chain* efficiente e reattiva potrebbe tradursi sia in un aumento della quota di mercato complessiva per le aziende (o dell'ingresso in nuovi mercati), sia in una maggiore soddisfazione per i consumatori.

Altri fattori, tra cui il livello di concorrenza e la regolamentazione, influenzano l'adozione dell'AM. In settori dove ritardi sugli ordini potrebbero comportare la perdita di un cliente, il tempo è spesso più importante dei costi. L'AM potrebbe giovare alle *supply chain* riducendo i tempi di commercializzazione e personalizzando prodotti e servizi. Questa tecnologia è quindi più adatta ad ambienti caratterizzati da tempi di consegna brevi e flessibilità nella fornitura di prodotti e servizi. La SM è ad alta intensità di investimenti e, pertanto, non è pensata per prodotti che occupano una piccola quota di mercato. Al contrario, l'adozione dell'AM nella *supply chain* riduce gli investimenti e le spese e aumenta la produzione quando le economie di scala non sono un fattore di risparmio. Gli studi sull'analisi di *breakeven* dei sistemi AM confermano questa conclusione.

Punti d'attenzione e criticità

I numerosi vantaggi dell'AM rispetto alla SM potrebbero far pensare che i processi AM siano più rispettosi dell'ambiente rispetto ai processi di produzione tradizionali. Se ciò sia vero o meno, tuttavia, dipende dal contesto. L'AM utilizza materiali di consumo, metodi di produzione e tecnologie diversi, che non necessariamente comportano un minore impatto ambientale. Alcuni processi AM, come la Deposizione diretta di metallo (DMD), il *Laser Engineered Net Shaping* (LENS) e il *Construction Laser Additive Directe* (CLAD), hanno un impatto ambientale inferiore fino al 70 per cento rispetto alla produzione convenzionale. Tuttavia, attualmente l'AM consuma in media più energia di un tradizionale sistema di produzione SM.

I prezzi dell'energia hanno in questo senso un impatto significativo sull'adozione dell'AM come strategia di produzione. Il prezzo dell'energia influisce sulla funzione obiettivo secondaria dei costi, aumentandola o diminuendola. Ipoteticamente, i prezzi dell'energia più bassi spingono l'impresa a consumare di più, inquinando di più, mentre i prezzi elevati spingono l'impresa nella direzione opposta (come spesso accade nella pratica). I risultati di vari studi riguardanti l'applicazione dell'AM alle *supply chain* mostrano che l'AM è meno conveniente dell'SM quando i prezzi dell'energia sono elevati. D'altra parte, i prezzi elevati dell'energia aumentano i costi di trasporto e riducono i vantaggi del SM rispetto all'AM, generando così un *trade-off*. Pertanto, l'effetto del costo dell'energia dipende da diversi altri fattori che richiedono ulteriori studi. In secondo luogo, il tasso di consumo energetico dipende anche dal tipo di tecnologia AM e dalla resa dei materiali. Ad esempio, il consumo energetico dell'AM è notevolmente superiore a quello dell'SM quando si utilizza il metallo come materiale nella tecnologia di sinterizzazione laser selettiva (SLS). Utilizzando l'ABS

(un polimero plastico) o il nylon come materiale di input (per un prodotto diverso, ovviamente), il consumo energetico dell'AM sarebbe notevolmente diminuito. Pertanto, i materiali utilizzati per la produzione sono un parametro essenziale da considerare, dato che influenzano sia il consumo energetico del processo, sia l'intero costo di produzione.

Oltre al consumo energetico, gli attuali processi e tecnologie AM non sono pienamente competitivi con la SM per diversi aspetti, come la finitura superficiale ruvida o le limitazioni dimensionali, dato che le dimensioni di un prodotto AM sono limitate in base alla dimensione del macchinario utilizzato per produrlo. Inoltre, i costi di capitale per le macchine AM sono ancora proibitivi per la maggior parte delle aziende.

In alcuni casi, i software di progettazione per modelli da produrre tramite tecnologia AM sono costosi e i programmi di simulazione per l'AM sono poco sviluppati, il che crea problemi anche solo per iniziare a progettare componenti da produrre con l'AM. Anche la mancanza di conoscenza della tecnologia è un chiaro ostacolo all'adozione della produzione AM. L'adozione di tecniche AM richiederebbe nuove competenze su nuovi materiali, nuovi paradigmi di progettazione, nuovi processi e nuovi metodi di test, e questa curva di apprendimento può essere considerata troppo costosa e lunga per le aziende, specialmente per quelle più piccole e meno strutturate.

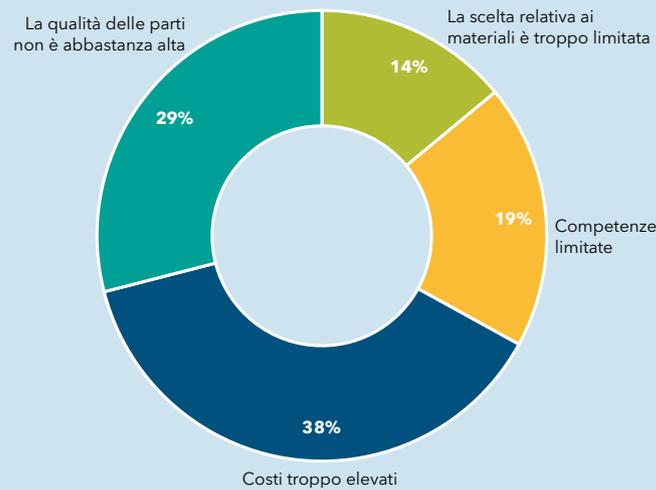
Il livello tecnologico è un fattore cruciale per l'adozione di una strategia di *supply chain* basata sull'AM. Attualmente, i costi e i tempi di produzione dell'AM sono tipicamente superiori a quelli dell'SM per la produzione di un prodotto simile. Questa debolezza rende spesso i processi AM non ancora economici; tuttavia, le potenziali riduzioni dei costi e dei tempi dell'AM dovute ai continui miglioramenti tecnologici potrebbero aumentare le preferenze per l'AM rispetto all'SM. Si noti che il costo dell'acquisizione e dell'implementazione di un sistema AM è diminuito del 51 per cento tra il 2001 e il 2011.

Per adottare e far progredire la tecnologia AM, le imprese dovrebbero intraprendere sia azioni strategiche, sia azioni operative. Riguardo alle azioni strategiche da adottare per superare le sfide nell'adozione dell'AM se ne possono identificare principalmente tre: (a) sviluppare strategie identificando i vantaggi dell'AM, selezionando le aree di applicazione focali e decidendo *make or buy*; (b) fare *scouting* e collaborare per accumulare informazioni sull'AM e far progredire la digitalizzazione; (c) creare la domanda attraverso i prototipi e attivare i partner della *supply chain*. Riguardo alle azioni operative da intraprendere, le principali sono: (a) ridurre le incertezze tecniche e sui materiali attraverso l'apprendimento, gli esperimenti su piccola scala e la ricerca; (b) fornire risorse ai progettisti per imparare e sperimentare, scalando le consegne dell'AM in prodotti e mercati di nicchia selezionati; e (c) creare nuovi criteri e metriche di valutazione per la produzione AM.

Il seguente grafico mostra i risultati di un sondaggio volto a verificare quali siano i principali fattori che impediscono un maggiore utilizzo della stampa 3D. Il fattore dei costi troppo elevati è la causa principale (38%),

segno del fatto che la tecnologia AM ha ancora costi in molti casi elevati rispetto ad un tradizionale metodo di produzione SM. Sono ritenuti cruciali anche fattori legati alle caratteristiche dei materiali da sottoporre a processi di produzione AM, quali una scelta dei materiali troppo limitata (14%) o una qualità delle parti prodotte non sufficiente (29%). Il 19 per cento dei rispondenti ritiene cruciale l'avere delle competenze limitate legate alla produzione AM.

Grafico 1 - I fattori che impediscono di utilizzare maggiormente la stampa 3D (valore percentuale)



Fonte : Statista, 2021, campione di 1504 imprese; Politecnico di Milano (www.osservatori.net)

Internet of Things*

Definizione

L'espressione *Internet of Things* (IoT) è stata utilizzata per la prima volta vent'anni fa, nel 1999, da Kevin Ashton dell'MIT di Boston, per indicare un mondo in cui i dati potessero essere acquisiti dagli oggetti senza il bisogno di un intervento umano. La tecnologia di riferimento, a quei tempi, era l'RFid (*Radio Frequency Identification*) - l'identificazione automatica in radiofrequenza - e il caso d'uso era l'identificazione in ambito logistico dei prodotti lungo la *supply chain*, dal produttore fino al punto vendita. Da allora ne è stata fatta di strada, con un eccezionale sviluppo tecnologico che vede oggi il moltiplicarsi di tecnologie di comunicazione disponibili, a corto, medio e lungo raggio. Questo sviluppo ha portato con sé anche il proliferare degli ambiti di applicazione.

Alla base dell'*Internet of Things* rimane l'idea originale di portare nel mondo digitale gli oggetti della nostra esperienza quotidiana, che ci circondano nelle nostre case, al lavoro, nelle città: elettrodomestici, impianti produttivi, automobili, e così via. L'*Internet of Things* è quindi costituito da oggetti connessi e dotati di un codice identificativo univoco nel mondo digitale. Oltre a queste proprietà di identificazione e connessione, che sono sempre presenti, i cosiddetti oggetti *smart* ne possono avere anche altre, a seconda del contesto di impiego. Possono innanzitutto fornirci informazioni su sé stessi, come ad esempio la posizione, per consentire la localizzazione in tempo reale (si pensi al monitoraggio dei veicoli con finalità assicurative o alla gestione flotte) o per garantire la tracciabilità dei prodotti, particolarmente importante ad esempio quando si parla di alimentare, farmaceutico o *fashion*. Gli oggetti *smart* possono inoltre essere in grado di indicare il proprio stato di funzionamento, segnalando quando è necessario effettuare la manutenzione, e possono interagire con il mondo esterno. Parliamo in questo caso di *metering* per la misura di variabili di flusso, come i consumi di elettricità, acqua o gas, e di *sensing* per la misura di variabili di stato, ad esempio la temperatura o il livello di inquinamento. L'interazione con l'esterno si può spingere fino all'attuazione: pensiamo ad esempio a semafori che fanno scattare il verde quando si avvicina un mezzo di soccorso. Infine, gli oggetti *smart* possono essere in grado di elaborare dati in locale, per trasmetterli solo a fronte di necessità (ad esempio, si pensi a una videocamera in grado di riconoscere le immagini raccolte e che le trasmette solo se si rileva una situazione anomala).

L'intelligenza non si ferma però agli oggetti, ma si spinge fin dentro alla natura della rete che li interconnette. Il termine "Internet" indica che la rete ambisce ad avere quelle stesse proprietà di apertura e standardizzazione

* A cura dell'Osservatorio Export Digitale, Osservatori Digital Innovation, School of Management del Politecnico di Milano.

che hanno decretato il successo di Internet e che sono essenziali per poter interagire con gli oggetti e per garantirne la multifunzionalità applicativa, ossia la possibilità di utilizzare un medesimo oggetto connesso in più applicazioni diverse. Non esiste (e probabilmente non esisterà) un unico standard per la comunicazione IoT, ma è essenziale assicurare l'interoperabilità tra dispositivi diversi.

Il tema dell'interoperabilità riguarda la capacità dei dispositivi IoT di comunicare tra loro e con i sistemi aziendali utilizzando standard comuni per la raccolta e l'analisi delle informazioni. Al riguardo, vi è la necessità di protocolli di comunicazione condivisi ed API (*Application Programming Interface*) standardizzate, in modo che dispositivi prodotti da aziende diverse possano scambiarsi informazioni utilizzando lo stesso linguaggio. Nell'ultimo periodo si è assistito a un forte sviluppo dei grandi ecosistemi e consorzi internazionali, con Matter in prima fila tra le iniziative più rilevanti. Matter è un nuovo protocollo di interoperabilità per la casa intelligente lanciato dallo sforzo congiunto delle più grandi aziende che operano nel mercato della tecnologia, come Apple, Google, Amazon o Samsung. La Connectivity Standard Alliance (CSA) ha infatti completato le specifiche di Matter, che ha visto la sua prima versione rilasciata a ottobre 2022, seppur in leggero ritardo sulla *roadmap* definita nel 2020. Secondo la CSA, al momento esistono 550 dispositivi certificati Matter e 150 sono in fase di certificazione. Inoltre, l'organizzazione si impegna a rilasciare aggiornamenti biennali, che includeranno nuovi dispositivi supportati così come nuove funzionalità e migliorie del protocollo.

Pur essendo il concetto e la definizione di *Internet of Things* (IoT) già un po' datato, la maturazione della tecnologia è molto più recente e per certi versi ancora non completa. Le tradizionali architetture di reti di sensori ed attuatori diffuse principalmente nel settore industriale ma non solo, erano basate su una integrazione verticale di tecnologie specializzate. Il passaggio all'IoT segna non tanto, come spesso si crede, la raggiungibilità di oggetti con un unico indirizzo universale, ma l'utilizzo di architetture tecnologiche orizzontali ed aperte. L'architettura generale della *Internet of Things* è di tipo orizzontale con tecnologie e sistemi che a diversi livelli espongono interfacce e servizi verso i livelli superiori. Qui possono essere integrati e composti a formare soluzioni più complesse ed eterogenee. La tecnologia finisce quindi di essere specializzata e diventa invece uno strumento per uno sviluppo aperto di soluzioni diverse. Inoltre, l'evoluzione tecnologica di ciascun livello può seguire una sua traiettoria non vincolata da uno specifico ambito applicativo ma volta a moltiplicarne le possibilità di utilizzo. Negli ultimi anni, l'affermarsi di queste architetture di sistema ha proprio favorito un veloce progresso tecnologico in tutte le sue componenti.

I livelli architetturali della *Internet of Things* comprendono quello dei dispositivi di campo che hanno il compito di raccogliere dati e attuare comandi ove previsto. Il livello di connettività ha il compito di portare i dati raccolti dalla periferia al centro per essere elaborati, e dal centro alla periferia comandi e configurazioni. Le piattaforme IoT costituiscono il livello intermedio, cuore dell'architettura IoT, e volto a offrire una serie di servizi elementari che semplificano il compito degli sviluppatori che scrivono le applicazioni specifiche. I dispositivi di campo rappresentano il livello più eterogeneo dell'architettura. Qui trovano posto sensori di

diversa natura e tecnologia. Negli ultimi anni, tuttavia, l'evoluzione veloce dell'hardware ha reso disponibili dispositivi di uso generale dotati di grande capacità di calcolo e a basso costo. Questo sta consentendo di rendere *smart* anche oggetti di uso quotidiano che possono essere usati per raccogliere dati e attuare decisioni.

Il livello della connettività rappresenta quello più direttamente legato a quello di rete IoT, ed è anche quello su cui si concentra un elevato grado di complessità e di costi di infrastruttura. È opportuno distinguere qui tra connettività di corto raggio e di lungo raggio. La connettività di corto raggio ha tipicamente bisogno di *gateway* che siano poi in grado di fornire una connettività geografica verso le piattaforme applicative. La connettività di lungo raggio è associata a grandi infrastrutture di rete gestite tipicamente da operatori mobili o specializzati e per l'IoT è di sviluppo più recente. La complessità della infrastruttura di rete rimane nascosta all'architettura IoT e pur essendoci comunque elementi come le stazioni radio base vicine ai dispositivi di campo, la connettività è vista come diretta (*end-to-end*) verso la piattaforma IoT.

Vantaggi e campi di applicabilità

Lo sviluppo e il livello di maturità che hanno raggiunto le tecnologie dei diversi livelli dell'architettura IoT consentono oggi di osservare una velocissima evoluzione degli ambiti applicativi che includono tra i più promettenti: *smart home*, *smart cities and environments*, *industrial IoT*, *smart retail*, *eHealth & Fitness*, *smart and connected cars*, e molti altri. La tecnologia sta consentendo anche un veloce miglioramento delle interfacce d'utente non solo basate sui dispositivi personali (*smart phone* e *tablet*), ma anche ad esempio su assistenti vocali, gesti e interfacce tattili.

Vi sono diversi ambiti business in cui le tecnologie IoT possono essere impiegate, contribuendo allo sviluppo dell'Industria 4.0. (Industrial IoT). Si pensi ad esempio al monitoraggio dei macchinari da remoto, che consente di mettere a punto nuove logiche di manutenzione preventiva e predittiva; oppure al supporto alle attività di produzione, ad esempio grazie al monitoraggio puntuale dell'avanzamento delle attività; o ancora alla sicurezza dei lavoratori, grazie al monitoraggio della loro posizione e degli spostamenti all'interno della fabbrica e all'identificazione di condizioni ambientali di pericolo. O anche all'efficienza energetica, grazie al monitoraggio dei consumi e all'introduzione di soluzioni di *building automation*. Il monitoraggio delle modalità di utilizzo dei prodotti connessi può inoltre offrire un supporto anche nei processi di sviluppo nuovi prodotti.

La logistica è uno degli ambiti di maggiore applicazione delle tecnologie IoT nei processi di internazionalizzazione. L'espressione IoT, come spiegato all'inizio, è usata in ambito logistico per indicare la possibilità di tracciare i prodotti lungo la filiera, dal produttore fino ai punti vendita. Attraverso le applicazioni

in ambito logistico, l'IoT è potenzialmente in grado di migliorare molteplici aspetti legati all'operatività dei vari attori che operano nel contesto del commercio internazionale. Facendo una classificazione, i principali contesti di impiego dell'IoT nella logistica sono quattro: la tracciabilità di filiera, le attività di magazzino, i trasporti e la gestione della catena del freddo, che comprende attività di magazzino e trasporto ma che, per le sue peculiarità, merita di essere trattata a parte.

Le tecnologie IoT, ed in particolare quelle basate sull'RFID sono uno strumento prezioso per garantire la tracciabilità e rintracciabilità dei prodotti. Un sistema RFID è composto da due parti fondamentali: i tag e i lettori. Il lettore emette onde radio e riceve segnali dal tag RFID, mentre il tag utilizza le onde radio per comunicare la propria identità e altre informazioni. Questa tecnologia permette di dotare ogni oggetto (o aggregazione di oggetti, si pensi ad esempio ai cartoni contenuti su un pallet movimentato lungo la filiera) di un identificativo nel mondo digitale.

Ci sono diverse ragioni per cui può essere importante garantire la tracciabilità dei prodotti. In primis, in alcuni settori, come ad esempio quello alimentare, ci sono dei requisiti di legge. Le normative non impongono la scelta di una determinata tecnologia, ma l'IoT si candida ad essere una valida soluzione. Oltre a ciò, in alcuni settori la tracciabilità pur non essendo obbligatoria è una leva fondamentale per garantire l'originalità dei prodotti, contrastando così contraffazione e mercati paralleli. Infine, la tracciabilità può anche essere vista come uno strumento per migliorare il servizio al cliente. Sempre più aziende, nelle proprie attività di comunicazione, mettono la tracciabilità al centro delle proprie strategie per la qualità.

L'applicazione delle tecnologie IoT in ambito logistico è quindi in grado di creare trasparenza nelle operazioni di flotta, consentendo alle aziende di monitorare la posizione e lo stato del carico trasportato.

Il secondo contesto in cui l'IoT può portare valore è il magazzino. In primis, le tecnologie IoT possono essere utilizzate per supportare le attività di magazzino, rendendo più rapida e accurata l'identificazione dei prodotti movimentati. La tecnologia di riferimento, anche in questo caso, è l'RFID. La stessa soluzione può quindi essere utilizzata sia per ottenere benefici in termini di tracciabilità di filiera, sia per rendere più efficienti e accurate le attività operative di magazzino. Si pensi alla possibilità di identificare in pochi secondi i prodotti in ingresso al magazzino, grazie al passaggio sotto un varco RFID, oppure al supporto durante l'attività di *picking*, con la possibilità di identificare immediatamente eventuali errori di prelievo, in termini di quantità o tipologia di articoli prelevati.

L'IoT può anche essere usato per migliorare la gestione degli asset di magazzino. Diventa così possibile monitorare il livello di utilizzo, definire le azioni da compiere e attivare attività di manutenzione preventiva o predittiva. La localizzazione dei carrelli usati per la movimentazione può anche essere utile per attività di analisi e ridisegno dei flussi, grazie ad esempio alla costruzione di *spaghetti chart*. Sempre all'interno dei

magazzini, le tecnologie IoT possono essere utilizzate per aumentare la sicurezza. Ad esempio, si possono sfruttare sensori per identificare ostacoli, attivando un allarme o una frenata automatica del carrello in caso di pericolo. Oppure si possono monitorare le condizioni dell'ambiente di lavoro con soluzioni di *smart building*, in modo da assicurare di operare in un ambiente salubre.

Oltre alle attività di magazzino, l'IoT può essere utilizzato nelle attività di trasporto internazionale. La funzionalità di identificazione dei mezzi può essere utilizzata per automatizzare il processo di riconoscimento dei mezzi all'ingresso e all'uscita di un terminal. Un altro contesto ormai consolidato di utilizzo è quello della gestione delle flotte aziendali. Si tratta di soluzioni che sfruttano la localizzazione satellitare dei mezzi per supportare le attività di *routing* e per monitorare il processo di trasporto. Recentemente sta crescendo l'interesse per raccogliere informazioni aggiuntive rispetto alla posizione, come lo stato di funzionamento del mezzo oppure altri parametri rilevanti specifici del settore. Ad esempio, nel trasporto di carburante può essere utile monitorare lo stato di apertura e chiusura delle valvole di erogazione.

Nel trasporto, le soluzioni IoT possono essere utilizzate per aumentare la sicurezza. Si pensi alle soluzioni per il monitoraggio del livello di attenzione o stanchezza degli autisti, in modo da fornire *alert* in casi di necessità di sosta. Oppure si possono utilizzare sensori per monitorare lo stato delle infrastrutture (si pensi ad esempio a una linea ferroviaria) e ridurre i guasti, che comportano problemi di sicurezza, alti costi e disagi. Guardando alle soluzioni IoT più di frontiera, sicuramente uno degli ambiti più interessanti è quello del loro impiego nei veicoli a guida autonoma. Se i droni sono già una realtà, con un utilizzo significativo in diversi contesti (si pensi al loro uso nella *last-mile delivery* in paesi come la Cina), si sta ancora lavorando sul fronte dei *self-driving trucks*.

Il quarto contesto di utilizzo delle tecnologie *Internet of Things* per la logistica è il monitoraggio della catena del freddo. I processi supportati sono i medesimi già descritti in precedenza: tracciabilità di filiera, attività di magazzino e trasporto. In questo caso però l'enfasi è sul controllo della temperatura dei prodotti, che può essere molto rilevante non solo laddove sono presenti specifici requisiti di legge, ma più in generale in tutti quei contesti in cui la temperatura non adeguata può compromettere la qualità dei prodotti stessi.

Ai fini della logistica e del trasporto internazionale, un ambito in cui la tecnologia IoT potrebbe essere applicata con efficacia riguarda i container utilizzati per spedizioni internazionali, al fine di facilitare il trasporto ed il coordinamento con le funzioni di produzione e distribuzione al cliente finale. I dati raccolti da container dotati di sistemi di monitoraggio caratterizzati da tecnologie IoT vengono trasferiti tramite *gateway* a una piattaforma in cui gli operatori delle flotte e i gestori delle merci possono monitorare e gestire le spedizioni. In questo modo ottengono visibilità sulle operazioni di trasporto e possono prendere decisioni ottimali per migliorare l'efficienza della *supply chain* e garantire la consegna puntuale dei prodotti. La tecnologia può essere particolarmente preziosa quando viene utilizzata per tracciare il viaggio

e le condizioni di un carico deperibile, ad esempio all'interno di una *supply chain* riguardante prodotti del settore food. Nel caso di carichi deperibili, oltre ai tempi di consegna sono molto importanti anche le condizioni di arrivo della merce, che deve rimanere fresca e non danneggiata. I sistemi di monitoraggio del carico basati su tecnologie IoT consentono agli operatori di controllare che la merce rispetti le corrette caratteristiche durante il trasporto. Parametri come il flusso d'aria, la temperatura, l'umidità e la condensa possono essere monitorati all'interno del container per garantire il corretto stato della merce.

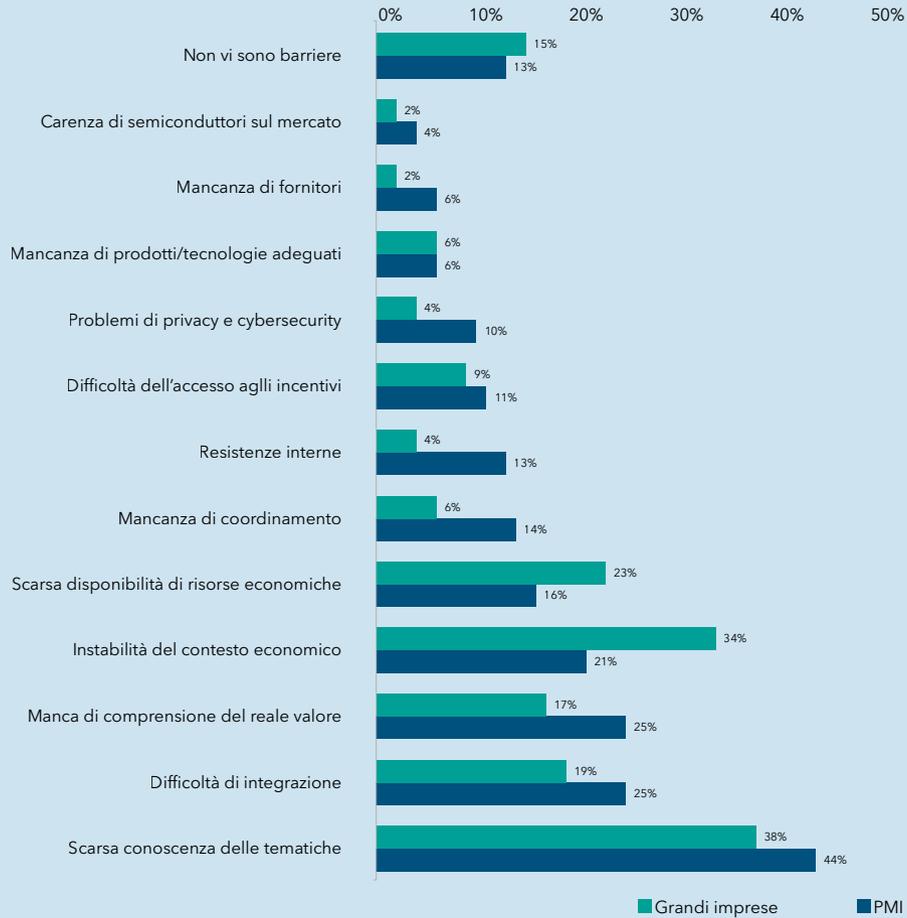
L'applicazione delle tecnologie IoT al mondo della logistica e dei trasporti potrebbe essere sfruttata al meglio se in sinergia con la tecnologia blockchain. La blockchain consentirebbe, ad esempio, di creare documenti di trasporto che vengano archiviati digitalmente e condivisi con le diverse parti associate al trasferimento del carico. In questo modo, tutte le parti possono verificare se i termini e le condizioni specificati nel documento sono rispettati grazie ai dati raccolti dai sensori IoT. Inoltre, poiché la blockchain memorizza i dati in un libro mastro decentralizzato e immutabile, non è possibile manipolare i dati una volta inseriti. La combinazione di IoT e blockchain può quindi aumentare l'efficienza delle catene di approvvigionamento e aiutare gli operatori delle flotte a gestire le operazioni di movimentazione dei carichi senza soluzione di continuità.

Punti d'attenzione e criticità

Il primo grafico mostra le possibili barriere che possono ostacolare l'avvio di progetto IoT, legati all'industria 4.0, nel 2022. Le risposte raccolte sono state divise a seconda delle dimensioni delle aziende rispondenti del campione, che in totale comprende 407 imprese: 301 PMI e 106 grandi aziende. Sia per quanto riguarda le grandi imprese che per le PMI, la mancanza di competenze - intesa come scarsa conoscenza del tema - è il fattore principale che limita l'avvio dei progetti (44 per cento grandi aziende vs 38 per cento PMI). Si tratta però di un dato incoraggiante, poiché in diminuzione rispetto al 2021 (-13 per cento per le grandi aziende, -16 per cento per le PMI). A seguire, tra le barriere più diffuse fra le grandi aziende, troviamo l'integrazione dei nuovi dispositivi hardware/software e la mancanza di comprensione dei benefici (25%). Per quanto riguarda le PMI, invece, l'instabilità del contesto economico rappresenta un problema più evidente rispetto alle grandi aziende, così come la scarsa disponibilità di risorse economiche (rispettivamente 34 per cento e 23 per cento, al secondo e terzo posto nelle barriere più diffuse): per loro natura, infatti, le aziende di tali dimensioni non possono contare su disponibilità economiche paragonabili a quelle delle aziende più grandi ed eventuali situazioni di instabilità risultano più difficili da superare.

Grafico 1 - Le barriere che possono rallentare o impedire l'avvio di progetti IoT per l'Industria 4.0 in Italia.

Anno 2022, stime dell'Osservatorio Internet of Things

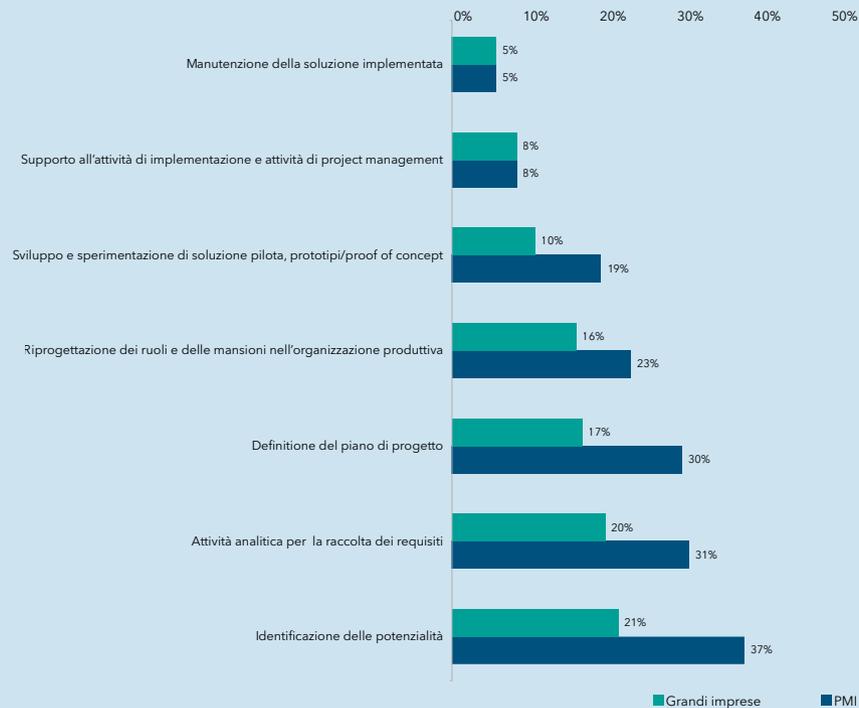


Fonte: Osservatori Digital Innovation - Politecnico di Milano (www.osservatori.net)

Il secondo grafico mostra quali siano le fasi più critiche nella realizzazione di un progetto Industrial IoT che potenzialmente ne possono minare la realizzazione. Ai primi tre posti della graduatoria troviamo l'identificazione delle potenzialità (37 per cento delle grandi aziende vs. 21 per cento delle PMI), l'attività analitica per la raccolta dei requisiti (31 per cento grandi aziende vs. 20 per cento PMI) e la definizione del piano di progetto (30 per cento grandi aziende vs. 17 per cento PMI).

Grafico 2 - Le fasi di un progetto Industrial IoT che risultano più critiche in Italia.

Anno 2022, stime dell'Osservatorio Internet of Things

Fonte: Osservatori Digital Innovation - Politecnico di Milano (www.osservatori.net)

Confrontando i risultati ottenuti per grandi imprese e PMI, il trend che emerge evidenzia che le principali criticità riscontrate nella realizzazione dei progetti sono sostanzialmente analoghe per le due tipologie di aziende, anche se con pesi diversi. Dal grafico si nota, infatti, come le fasi preliminari siano quelle in cui la maggior parte delle aziende - grandi o piccole - incontra criticità, andando a confermare le problematiche relative alla conoscenza e alla comprensione dei reali benefici. Di conseguenza, grandi aziende e PMI che non riescono ad implementare progetti di Industrial IoT, spesso rimangono "intrappolate" nelle fasi iniziali del progetto.

Artificial Intelligence*

Definizione

L'Artificial Intelligence, o Intelligenza artificiale (AI), è il ramo della *computerscience* che studia lo sviluppo di sistemi hardware e software dotati di capacità tipiche dell'essere umano (interazione con l'ambiente, apprendimento e adattamento, ragionamento e pianificazione), in grado di perseguire autonomamente una finalità definita prendendo delle decisioni che, fino a quel momento, erano solitamente affidate agli esseri umani.

La nascita ufficiale dell'Intelligenza artificiale quale disciplina di ricerca scientifica avviene nel 1956. Dagli anni '50 in poi l'Intelligenza artificiale ricevette grande attenzione dalla comunità scientifica e in breve tempo si generarono grandi aspettative, che furono però disattese negli anni che arrivarono. Questo accadde per varie ragioni, tra cui forse la principale fu l'insufficiente capacità computazionale dei sistemi disponibili al tempo.

Tuttavia, negli ultimi anni, l'Intelligenza artificiale ha acquisito una grande rilevanza, generando un enorme clamore e acquisendo un ruolo centrale sia nella comunità scientifica informatica sia nella vita e nelle attività quotidiane delle persone. In particolare, ha recentemente riscosso grande attenzione l'AI Generativa, quel ramo dell'Intelligenza artificiale che si basa su algoritmi che possono essere utilizzati per creare nuovi contenuti, tra cui audio, codice, immagini, testo, simulazioni e video. Nel 2022 hanno fatto il loro ingresso nel mercato nuovi prodotti della ricerca che hanno sancito la definitiva affermazione dell'AI Generativa, come DALL-E - capace di generare immagini a partire da descrizioni testuali- e ChatGPT, prototipo di chatbot specializzato nella conversazione con un utente umano.

Oltre queste applicazioni dal grande impatto mediatico, l'Intelligenza artificiale possiede, per sua natura, un potenziale applicativo sterminato, che pervade diversi ambiti, da quelli industriali a quelli domestici, di cui riportiamo i principali:

Intelligent Data Processing: in questa categoria rientrano quelle soluzioni che utilizzano algoritmi di intelligenza artificiale su dati strutturati (dati con un modello predefinito, come i file Excel) e non strutturati (dati senza un modello predefinito come documenti, foto, video, e-mail), per finalità collegate all'estrazione dell'informazione presente nel dato e per avviare azioni in conseguenza. Il data processing intelligente può essere utilizzato per l'identificazione di *pattern* all'interno di dati grezzi al fine di definirne la classificazione (*Pattern Discovery*), per fornire previsioni sull'andamento futuro di un fenomeno studiato (*Predictive Analysis*), creare nuovi contenuti (*Contents/Design Creation*), monitorare lo stato di un certo sistema (*Monitoring & Control*), identificare elementi non conformi al modello previsto (*Fraud/Anomaly Detection*).

Virtual Assistant/Chatbot: agenti software in grado di eseguire azioni e/o erogare servizi ad un interlocutore

* A cura dell'Osservatorio Export Digitale, Osservatori Digital Innovation, School of Management del Politecnico di Milano.

umano. Si basano su comandi e/o richieste recepiti attraverso una interazione in linguaggio naturale (scritto o parlato). Questi sistemi sono sempre più utilizzati come primo livello di contatto con il cliente nel caso questo richieda assistenza al *customer care* aziendale.

Recommendation: soluzioni orientate a indirizzare le preferenze, gli interessi e le decisioni dell'utente, basandosi su informazioni da esso fornite, in maniera indiretta o diretta. A questa categoria di raccomandazioni personalizzate appartengono i sistemi che suggeriscono l'acquisto di un prodotto sulla base degli acquisti precedenti oppure che consigliano la visione di un film all'interno di una delle note piattaforme di video *on-demand*.

Image Processing: soluzioni di analisi di immagini, singole o in sequenza (video), orientate al riconoscimento di persone, animali e cose presenti all'interno dell'immagine stessa, al riconoscimento biometrico (e.g. volto, iride) e in generale all'estrazione di informazioni dall'immagine.

Autonomous Vehicle: mezzo a guida autonoma adibito al trasporto di persone, animali o cose, sia circolante su strada (veicolo), sia destinato alla navigazione marittima, lacustre e fluviale (natante), sia infine al volo nell'atmosfera o nello spazio (velivolo), capace di percepire l'ambiente esterno e di individuare le manovre corrette da fare per adattarsi ad esso. In questa categoria rientrano, principalmente, i progetti di *self-driving car*, ma anche droni per il trasporto di persone o cose, e navi cargo.

Intelligent Object: oggetti in grado di eseguire azioni e prendere decisioni senza richiedere l'intervento umano, interagendo con l'ambiente circostante mediante l'utilizzo di sensori e attuatori, apprendendo dalle abitudini o dalle azioni delle persone che vi interagiscono. La fonte dell'intelligenza può essere interna al prodotto o accessibile mediante una connessione al cloud.

Language Processing: Soluzioni di elaborazione del linguaggio, con finalità che possono variare dalla comprensione del contenuto, alla traduzione, fino alla produzione di testo in modo autonomo a partire da dati o documenti forniti in input. Un esempio di applicazione è la traduzione automatica (scritta o parlata), con una capacità lessicale, di contestualizzazione e di comprensione del tono sempre più assimilabili a quelle dell'uomo.

Autonomous Robot: Robot in grado di muovere sé stessi, o alcune sue parti (e.g. bracci), manipolare oggetti ed eseguire azioni di vario genere senza intervento umano, traendo informazioni dall'ambiente circostante e adattandosi a eventi non previsti o codificati. In questa categoria rientrano sia i robot industriali, sia robot pensati per il mercato civile come gli assistenti alla vendita, che forniscono informazioni ai clienti aggirandosi per il negozio.

Robotic Process Automation intelligente: evoluzione della tradizionale automazione eseguita ricorrendo a software (bot) programmati per eseguire *task*. La Robotic Process Automation intelligente integra soluzioni di RPA tradizionale con capacità di AI utili per migliorare l'esecuzione di alcuni *task*. Nelle soluzioni più evolute l'AI non solo esegue alcune attività ma è anche in grado di governare l'intero processo: è un cambio di paradigma in cui non si programma più il bot, ma si definiscono i confini dentro cui il bot opera con un'autonomia decisionale.

Vantaggi e campi di applicabilità

Ognuna di queste soluzioni di intelligenza artificiale è caratterizzata da un certo numero di capacità - ispirate alle capacità proprie dell'essere umano - raggruppate in: elaborazione del linguaggio naturale, elaborazione delle immagini, apprendimento, ragionamento e pianificazione, interazione sociale, interazione con l'ambiente. Ogni capacità viene ottenuta grazie all'adozione di specifiche metodologie, implementate attraverso tecnologie che ne rappresentano la concretizzazione in termini di hardware, software o di sistema. Tali tecnologie si possono differenziare per facilità di design/utilizzo (da quelle *ready-to-use* a quelle in cui è richiesta una fase di design) e per flessibilità (da quelle in cui le azioni/attività sono predefinite a quelle completamente customizzabili).

La scelta delle specifiche tecnologie con cui implementare le metodologie andrà quindi a definire un *trade-off* tra facilità di design/utilizzo e flessibilità. Far propria l'Intelligenza artificiale significa quindi sviluppare nuove competenze, introdurre nuove tecnologie e padroneggiare le tecniche per implementare i progetti: fattori fondamentali per porre le basi del cambiamento culturale e del modo di pensare la relazione con i consumatori.

Il supporto offerto dalle soluzioni di intelligenza artificiale può interessare sia i processi aziendali sia l'introduzione di funzionalità all'interno dei prodotti o servizi offerti dall'azienda. Per quello che riguarda la funzionalità del prodotto offerto, i progetti di Intelligenza artificiale hanno lo scopo di incrementarne le *performances* o l'esperienza d'uso. Riguardo ai processi aziendali gli algoritmi di Intelligenza Artificiale interessano sia le attività primarie dell'azienda (*logistics, operations, marketing & sales, customer services*) sia le attività di supporto (*finance & compliance, asset management & security, l'HR management, R&D e IT, procurement*).

Ragionando sulle necessità di aziende manifatturiere coinvolte in catene del valore globali, gli algoritmi di Intelligenza artificiale possono essere usati in tutte le funzioni aziendali.

I processi di relazione con il cliente finale, come il *marketing, sales e customer service*, sono tra i più interessati dallo sviluppo di progettualità di intelligenza artificiale, con progetti volti ad offrire un servizio sempre più flessibile e personalizzato al cliente. L'utilizzo di chatbot e assistenti virtuali ha sicuramente un peso considerevole all'interno di questa tipologia di processi, ma troviamo anche altre classi di soluzioni: un esempio è l'utilizzo di robot per l'assistenza al cliente, in grado di fornire le informazioni richieste e muovendosi in maniera autonoma nello spazio circostante. L'Intelligenza Artificiale può essere utile anche nel mondo HR, per supportare l'attività di *recruiting* o per fornire scelte di carriera ai dipendenti con raccomandazioni non influenzate da *bias* e pregiudizi. Algoritmi di Intelligenza artificiale possono essere usati anche per gestire l'allocazione delle risorse, ad esempio nel definire la miglior allocazione del tempo a seconda delle *skills* del personale a disposizione.

Nella fase di produzione possono essere utili, ad esempio, per effettuare il controllo qualità delle merci, mentre per l'approvvigionamento e la distribuzione vengono utilizzati per l'ottimizzazione e la gestione di tutta la catena. Algoritmi di *forecast* basati su AI permettono di predire quale sarà la domanda futura e il tasso di abbandono dei clienti, per un utilizzo delle risorse più efficiente, con risparmi sui costi di inventario, migliore gestione delle scorte, e possibilità di essere più flessibili e aggiornati sulle nuove tendenze. Inoltre, come accennato, il marketing può

essere supportato da sistemi di AI per raccomandazioni mirate orientate ad indirizzare gli interessi e le decisioni dell'utente; anche qui può essere utile l'integrazione tramite sistemi di AI con la catena di distribuzione per la gestione preventiva delle forniture in funzione delle attività promozionali o delle campagne di comunicazione.

Per la gestione degli ordini, gli algoritmi di Intelligenza artificiale possono essere usati per automatizzare gli ordini e i sistemi di pagamento, mirando alla semplificazione e all'integrazione dei processi, dagli acquisti fino all'inventario, dal magazzino alle vendite. Ad esempio, un grande grossista di generi alimentari ha implementato algoritmi di AI per una migliore gestione delle moli di dati su ordini e prodotti a magazzino. Ciò ha permesso di sviluppare previsioni della domanda incrociando i dati storici dell'azienda con le informazioni condivise da altri attori della supply chain, riducendo del 40 per cento le perdite dovute al deterioramento dei beni e del 10 per cento il livello delle scorte.

Per il trasporto e la logistica, gli algoritmi di AI vengono utilizzati per il tracciamento e l'ottimizzazione dei percorsi di distribuzione delle merci, in base all'urgenza della consegna, alla sicurezza del percorso o al minor costo. Un esempio di tecnologie AI applicate ai processi di una *supply chain* riguarda una grande azienda di spedizioni che ha implementato algoritmi di Intelligenza artificiale per l'ottimizzazione dei percorsi delle consegne, valorizzando il database di percorsi dell'azienda in ottica di continuo apprendimento e sviluppo dell'algoritmo. Grazie a questa soluzione, l'azienda ha reso più efficiente il processo di consegna, abbattendone i costi associati e migliorandone la sostenibilità.

Gli ambiti applicativi dell'Intelligenza artificiale sono quindi innumerevoli e di natura interdisciplinare, con impatti importanti su tutte le attività. Per questo si rende necessario governare efficacemente la tecnologia, tenendo in considerazione le profonde implicazioni etiche e filosofiche legate al suo utilizzo.

Punti d'attenzione e criticità

Diverse sono le sfide, specialmente etiche, legate all'Intelligenza artificiale. Esse possono essere suddivise in problematiche design-related e application-related: la prima classe inquadra le problematiche etiche che possono emergere in fase di progettazione e sviluppo della soluzione di AI qualora questi processi non siano adeguatamente presidiati; la seconda classe inquadra le problematiche etiche che possono invece emergere dall'implementazione o dall'utilizzo di sistemi di AI, anche se progettati in maniera aderente ai principi stabiliti.

Alcuni esempi di implicazioni design-related sono bias, ossia distorsioni involontarie che esistono nei dati e/o negli algoritmi o che possono essere introdotte da sviluppatori e utilizzatori, o problematiche di privacy. In questo caso i dati utilizzati nei sistemi di AI non vengono trattati nel rispetto della normativa in materia di trattamento dei dati personali, monitoraggio e profilazione degli utenti. Un esempio di implicazione application-related sono le applicazioni come la censura automatica di contenuti o la generazione di fake news, che causano limitazioni alla libertà e ai diritti del singolo (libertà di pensiero, di espressione, di autodeterminazione, diritto all'oblio) e alle libertà collettive¹.

¹ Per assicurare un utilizzo dell'AI trasparente, che garantisca la non discriminazione ed eviti il raggiungimento di scopi malevoli sono nate linee guida e regolamenti in tutto il mondo. Dal 2019 ad oggi, nell'Unione Europea si è assistito a un graduale percorso di regolamentazione giunto, lo scorso 6 dicembre 2022, all'approvazione in Consiglio Europeo dell'AI Act, approccio di regolamentazione basato sulla classificazione delle soluzioni in base al livello di rischio che possono causare sui diritti e libertà fondamentali dei cittadini. Questo percorso è volto all'attuazione di un apparato regolatorio comune tra tutti gli stati dell'Unione.

Supply Chain Management*

Definizione

Il concetto di *Supply Chain Management* assume una prospettiva globale quando ha come focus filiere e organizzazioni con una prospettiva internazionale. Si parla in questo caso di *Global Supply Chain Management*. Vi sono sei aree principali di focus: gestione della logistica, orientamento alla concorrenza, orientamento al cliente, coordinamento della *supply chain*, gestione degli approvvigionamenti e gestione delle operazioni. La gestione di successo di una *supply chain* richiede anche il rispetto di varie normative internazionali stabilite da una serie di organizzazioni non governative. Il successo delle attività di *Global Supply Chain Management* si ottiene dopo aver implementato un *framework* appropriato, rispettando le normative internazionali stabilite da governi e organizzazioni non governative, e riconoscendo e gestendo in modo appropriato i rischi coinvolti, massimizzando i profitti e minimizzando gli sprechi.

La digitalizzazione può supportare i processi di una *supply chain* attraverso l'*eSupply Chain Management*, ossia la gestione integrata e collaborativa dei processi che coinvolgono un'azienda e i suoi principali partner di business, in modo da cogliere i vantaggi legati alla pianificazione e gestione dei processi in ottica di "azienda estesa". Questo è particolarmente rilevante e utile quando la filiera produttiva si estende oltre i confini nazionali e la gestione a distanza dei processi di pianificazione e gestione diventa più complessa.

L'ambito è molto vasto e include digitalizzazione dei processi interni, *eProcurement* (digitalizzazione del processo di acquisto), *eSupply Chain Execution* (digitalizzazione del processo operativo) ed *eSupply Chain Collaboration* (digitalizzazione di processi collaborativi).

Esaminiamo in primo luogo l'*eSupply Chain Execution*, ossia quei processi che riguardano tipicamente il ciclo ordine-consegna-fatturazione-pagamento (comprendendo anche le fasi logistiche, amministrative e contabili), ma anche i processi di pre-vendita e post-vendita, con l'obiettivo di automatizzare e integrare le fasi relative all'interfaccia tra i partner di filiera (compresi i fornitori terzi).

Questo ambito si basa su un concetto di fondamentale importanza: la dematerializzazione e digitalizzazione dei documenti cartacei. Digitalizzare significa sia dematerializzare, quindi rendere digitale un documento cartaceo (ad esempio scansionandolo e rendendolo disponibile in PDF), sia passare a una gestione elettronica integrata delle informazioni contenute in un documento, ovvero trasformare il documento in un flusso di dati direttamente integrabile con i sistemi aziendali. La dematerializzazione ha un'utilità intrinseca nel caso di un processo produttivo che svolge le proprie fasi a distanza anche rilevante, come in una catena globale del

* A cura dell'Osservatorio Export Digitale, Osservatori Digital Innovation, School of Management del Politecnico di Milano.

valore, rendendo facilmente accessibili a distanza tutte le informazioni che si vogliono condividere.

Se il concetto di dematerializzazione è piuttosto ovvio, lo è certamente meno quello di creare dei documenti le cui informazioni possono essere gestite in maniera automatizzata e integrata, anche quando sono coinvolti diversi attori. Questo, infatti, vale sia per i documenti generati e fruiti all'interno dell'azienda sia per tutte le informazioni prodotte e scambiate nelle fasi del cosiddetto ciclo dell'ordine (ordine, consegna, fatturazione e pagamento). In questo caso cliente e fornitore interagiscono secondo la prospettiva del "processo unico", partecipando entrambi alle attività di scambio dei documenti legati alla loro relazione commerciale, con l'intento ultimo di rendere decisamente più rapida, efficiente ed efficace la reciproca interazione.

Due importanti progetti di digitalizzazione documentale sono la *Gestione Elettronica Documentale* e la *Conservazione Digitale Sostitutiva*.

La *Gestione Elettronica Documentale* è il processo che consente la gestione - intesa come l'insieme delle attività di generazione, archiviazione, consultazione, ecc. - dei documenti aziendali in modalità digitale. Le principali attività legate all'implementazione di un sistema di *Gestione Elettronica Documentale* sono essenzialmente le seguenti: estrazione dei documenti generati dal sistema gestionale interno, indicizzazione dei documenti estratti da gestire digitalmente (l'indicizzazione consente di definire alcuni campi di ricerca, che rendono possibile, una volta archiviati i documenti, la ricerca mediante inserimento di determinati parametri) e archiviazione digitale dei documenti all'interno di un *repository* elettronico. Le attività sopra descritte sono tipicamente valide in caso di documenti generati, inviati e/o ricevuti in formato elettronico strutturato, o comunque in caso di documenti elettronici contenenti informazioni in formato testuale (per esempio, file PDF non in formato "immagine").

Si parla invece di *Conservazione Digitale Sostitutiva* in caso di documenti in formato elettronico, costituiti da file "immagine" (ad esempio i documenti in ingresso legati al ciclo passivo). È necessario che anche questa tipologia di documenti venga resa indicizzabile attraverso l'utilizzo di sistemi OCR (ovvero, software per il riconoscimento ottico dei caratteri, che consentono la conversione di un'immagine contenente testo, solitamente acquisita tramite scanner, in testo digitale modificabile con un normale editor), per poi essere gestiti nella modalità descritta in precedenza. In caso, infine, di documenti in formato cartaceo (come per il caso precedente, tipicamente documenti in ingresso legati al ciclo passivo), è invece necessario effettuare la scansione dei documenti, che vengono quindi trasformati in file immagine, e che poi seguiranno l'iter di attività descritto nei due casi precedenti.

La dimensione dell'*eSupply Chain Collaboration*, riguarda invece tutte quelle attività di natura collaborativa tra cliente e fornitore. Gli ambiti applicativi di maggior rilievo sono:

- Monitoraggio e controllo della supply chain: dalla condivisione delle informazioni (dati di vendita, disponibilità di capacità produttiva ecc.) e delle principali metriche di valutazione delle prestazioni alla segnalazione di "eventi" critici per la gestione della supply chain (per esempio l'esaurimento a scorta di un certo prodotto);

- Pianificazione: dalla condivisione della previsione della domanda, alla gestione delle promozioni, alla gestione delle scorte, in modo da ridurre le scorte in magazzino e mantenere al contempo un alto grado di servizio;
- Sviluppo e introduzione di nuovi prodotti: dalla condivisione dei principali documenti tecnici alla gestione del workflow di progetto;
- Comunicazione e Marketing: dalla condivisione delle principali informazioni (dati sui prodotti e sui prezzi, piani di phase-in e phase-out ecc.) alla gestione di processi di relazione con il cliente (per esempio, sviluppo di un'offerta customizzata, gestione di una richiesta di informazioni e assistenza tecnica).

L'*eProcurement* riguarda invece l'insieme degli strumenti digitali a supporto dei processi d'acquisto. Questo ambito si divide in due macro-processi: *eSourcing* ed *eCatalog*. L'*eSourcing* comprende tutte le attività che vanno dalla ricerca di nuovi fornitori (*scouting*), alla loro qualificazione e certificazione, alla fase di negoziazione vera e propria basata su strumenti quali i sistemi di richiesta di proposta e quotazione e l'asta elettronica. L'*eCatalog* è inteso come processo di acquisto ricorsivo, basato su catalogo web, di un prodotto o servizio di cui è già stato definito un contratto o di cui sono chiare tutte le specifiche della fornitura.

Vantaggi e campi di applicabilità

Per comprendere quali siano le principali funzionalità delle soluzioni di *eSupply Chain Execution* è utile suddividere il processo nelle sue fasi logiche elementari:

- Supporto pre-vendita: consistente nel condividere tutte le informazioni - su prodotti, prezzi, disponibilità della merce, termini di consegna - utili alla successiva fase di emissione dell'ordine;
- Emissione dell'ordine: dalla creazione - compresa la fase di configurazione per prodotti complessi - alla conferma da parte del fornitore delle condizioni economiche e logistiche;
- Logistica: dall'allestimento della merce alla consegna presso le strutture logistiche del cliente (o di un fornitore di servizi logistici);
- Ciclo amministrativo-contabile: dall'emissione della fattura alla gestione dei pagamenti, comprese le attività di riconciliazione contabile;
- Supporto post-vendita: insieme di attività fortemente dipendenti dal settore merceologico che includono ad esempio la gestione dei reclami, la gestione delle richieste di supporto tecnico, la condivisione di informazioni contabili.

Tutte queste fasi possono essere supportate con:

- strumenti a supporto della gestione dei contenuti;
- strumenti di impostazione e gestione del workflow documentale;
- strumenti di integrazione con gli applicativi di natura transazionale interni all'azienda;
- strumenti di gestione dello scambio documentale con clienti e fornitori;
- strumenti di allineamento dei dati anagrafici (cataloghi e listini).

I principali benefici derivanti dalla gestione documentale digitale sono:

- riduzione di perdita di documenti/informazioni;
- riduzione dei tempi di ricerca dei documenti;
- riduzione delle risorse dedicate ai processi documentali;
- riduzione del tempo complessivo dei processi;
- miglioramento del servizio all'utente (interno/esterno);
- incremento della sicurezza e della protezione del patrimonio informativo.

Le soluzioni tecnologiche a supporto dei processi operativi relative alla dimensione della *eSupply Chain Execution* sono:

- *A2A Internet-based*: l'integrazione è sempre di tipo applicazione-applicazione, ma le tecnologie per l'integrazione sono in questo caso quelle abilitate dalla suite dei prodotti Internet (InternetEDI, WebEDI o XML-based A2A), per ridurre così i costi ed estendere il numero di imprese coinvolte;
- EDI: come spiegato sopra, fa parte della famiglia di prodotti A2A Internet-based. L'integrazione sull'interfaccia fornitore-cliente è realizzata mediante lo scambio di documenti elettronici "transazionali" - ordini, conferme d'ordine, documenti di trasporto, fatture - strutturati sulla base di uno standard condiviso;
- *Extranet Seller Centric*: l'interazione nei processi operativi avviene sulla Extranet del fornitore sulla quale è disponibile il catalogo di vendita, le informazioni di supporto alla fase di pre-vendita, un eventuale strumento di supporto alla creazione e configurazione dell'ordine, e mediante la quale sono gestite le principali fasi del processo (emissione dell'ordine, tracking dell'ordine, ecc.) secondo *workflow* predefiniti dal fornitore;
- *Extranet Buyer Centric*: in questo caso l'Extranet del cliente è il "luogo" dove avviene l'interazione sui processi operativi, usualmente dando visibilità ai fornitori degli ordini di acquisto e chiedendo loro di inserire i principali documenti di supporto al ciclo ordine-consegna-fatturazione (*tracking* degli ordini, bolle di trasporto, fatture, ecc.).
- Soluzioni proprietarie: in questo caso l'integrazione è realizzata mediante scambio di documenti elettronici in formati proprietari oppure mediante condivisione applicativa, soluzione tipicamente promossa

da una grande azienda verso i suoi partner di filiera, ad esempio nell'ambito delle *Global Value Chain* dell'automotive o dell'aerospazio.

- Soluzioni consortili: in questo caso l'architettura e le tecnologie per l'integrazione, usualmente di tipo A2A, sono messi a disposizione da un operatore specializzato a livello distrettuale o per filiera, e gli standard sono condivisi a livello di distretto/di filiera;

Le soluzioni tecnologiche adottate a supporto dell'*eSupply Chain Collaboration* sono le stesse a supporto dell'*eSupply Chain Execution*, ossia: l'*A2A Internet-Based*, l'*Extranet Seller Centric*, l'*Extranet Buyer Centric*, l'EDI, le soluzioni proprietarie e consortili.

Le principali modalità con cui i modelli di *eSupply Chain Collaboration* possono creare valore ad una *supply chain* sono riconducibili a quattro macro-aree di impatto.

- Riduzione del capitale circolante: legata alla riduzione del livello medio delle scorte distribuite lungo la *supply chain*, grazie a una migliore accuratezza delle previsioni (abilitata dalla condivisione di informazioni) e alla riduzione della durata media del ciclo commerciale (grazie, per esempio, alla contrazione dei tempi del ciclo ordine-consegna).
- Riduzione (o miglior utilizzo) del capitale fisso: incrementando la visibilità lungo l'intera catena di fornitura, si riduce la variabilità e conseguentemente migliora la pianificazione, diminuendo i costi fissi del sistema produttivo e distributivo.
- Incremento di efficienza e riduzione dei costi operativi: sia a livello "di processo", grazie all'automazione di attività a scarso valore (riallocando personale su attività a maggior valore, per sé e per l'organizzazione) ma anche - e soprattutto - alla riduzione dei costi di gestione delle non conformità, sia a livello di impiego di risorse e materiali consumabili.
- Incremento di efficacia e livello di servizio: la pianificazione condivisa e lo scambio tempestivo di informazioni e documenti e la riduzione degli errori nel ciclo ordine-pagamento permettono di ridurre i tempi di ciclo e il tempo medio di consegna, portando un incremento nella qualità percepita dal cliente.

Scomponendo una *supply chain* nelle tre fasi fondamentali (approvvigionamento, produzione, distribuzione/ vendita), si possono individuare diversi vantaggi portati dalle dimensioni di *eSupply Chain Collaboration* ed *eSupply Chain Execution* nella gestione strutturata dei dati della *supply chain*.

In fase di approvvigionamento, le funzioni a supporto dell'analisi dati dei propri fornitori possono contribuire ad una migliore gestione dei rischi legati ai propri fornitori, legati ad esempio alla necessità di avere informazioni tempestive, o alla necessità di allineare informazioni in modo efficiente. Le dimensioni di *eSupply Chain Collaboration* ed *eSupply Chain Execution* possono portare anche ad una ottimizzazione della gestione del magazzino, rimodulando politiche inventariali e acquisti. In un contesto di forniture internazionali, la possibilità di avere informazioni tempestive e confrontarle tra diverse aree di provenienza è notevolmente facilitata da un contesto di *eSupply Chain*.

In fase di produzione, l'integrazione di informazioni provenienti da diversi sistemi informativi permette di migliorare il monitoraggio dei processi produttivi. Ciò comporta un'ottimizzazione del proprio portafoglio prodotti, ad esempio in relazione delle variazioni della domanda di mercato. Inoltre, un migliore monitoraggio dei propri processi produttivi permette di rimodulare in modo più efficiente la produzione, a seconda della profittabilità dei diversi prodotti.

Infine, relativamente alla fase di distribuzione/vendita, si può avere una gestione *full digital* del processo di vendita. Questo tipo di gestione può essere raggiunto integrando i DDT (documenti di trasporto) nella gestione digitale dei workflow documentali, facendone una conservazione sostitutiva in formato digitale. Un altro aspetto che può portare ad una gestione digitale del processo di vendita è l'utilizzo della firma elettronica.

Esaminiamo ora la dimensione dell'*eProcurement*, divisa a sua volta in *eSourcing* ed *eCatalog*. Il processo di *eSourcing* si compone di nove fasi:

1. Costruzione albo fornitori: un elenco di categorie merceologiche alle quali si possono iscrivere i soggetti economici interessati che forniscono beni e/o servizi;
2. *Scouting* dei fornitori: ricerca e identificazione di potenziali fornitori per ogni categoria merceologica;
3. Qualifica dei fornitori: valutazione dei fornitori secondo parametri qualitativi definiti dall'azienda e dal mercato in cui essa opera;
4. *Vendor rating*: sistema di monitoraggio e misura sistematica su parametri oggettivi delle performance del fornitore durante tutto il periodo di collaborazione, sia in relazione ad aspetti generali, sia specifici della singola fornitura;
5. *Spend analysis*: processo di collezione, pulizia, classificazione e analisi dei dati di spesa con l'obiettivo di ridurre i costi di procurement, aumentarne l'efficienza e monitorarne la compliance rispetto a variabili definite;
6. Pubblicazione bandi: pubblicazione da parte del buyer di documenti in cui sono esplicitate tutte le specifiche e i requisiti che il bene o servizio di cui approvvigionarsi deve avere;
7. Negoziazione (RFx): richiesta strutturata da parte del *buyer* delle proposte o dei preventivi ai potenziali fornitori in relazione a specifici fabbisogni. Può essere di diverso tipo: richiesta di informazioni (RFI), richiesta di proposta (RFP) o richiesta di quotazione (RFQ);
8. Gestione gare e aste: attività necessaria allo svolgimento operativo delle gare e/o delle aste;
9. *Contract management*: misure messe in atto al fine di comprendere, interpretare ed eseguire il contratto stipulato tra *buyer* e fornitore.

Per ognuna di queste fasi esistono degli strumenti digitali a supporto del loro svolgimento, come ad esempio *tool* di analisi dei dati, *tool* di *scouting*, sistemi di RFx e sistemi di gestione dell'asta online.

L'*eCatalog* è inteso come processo di acquisto ricorsivo, basato su catalogo web, di un prodotto o servizio di cui è già stato definito un contratto o di cui sono chiare tutte le specifiche della fornitura.

La gestione degli acquisti da catalogo prevede cinque fasi principali:

1. Gestione del catalogo: caricamento e aggiornamento dei contenuti del catalogo;
2. Generazione della richiesta d'acquisto: identificazione di prodotti e servizi corrispondenti al fabbisogno mediante la consultazione del catalogo e ottenimento del preventivo di spesa, con l'eventuale conferma delle condizioni di fornitura, come tempi e modalità di consegna;
3. Autorizzazione ed emissione dell'ordine: verifica dell'autorizzazione della spesa ed emissione dell'ordine al fornitore;
4. Logistica: allestimento, spedizione e consegna della merce al punto di stoccaggio o utilizzo, ricezione e verifica della conformità;
5. Gestione del ciclo amministrativo-contabile: include la verifica del rispetto delle condizioni contrattuali, la ricezione della fattura e il pagamento.

Per ognuna di queste fasi esistono diversi strumenti digitali alla base di un applicativo di *eCatalog*, come l'interfaccia web del catalogo, strumenti a supporto della gestione dei contenuti, strumenti di *workflow* per la gestione del ciclo autorizzativo della richiesta d'acquisto.

Affinché un'azienda possa trarre i massimi benefici in termini di creazione di valore da una strategia di *eProcurement*, il processo di acquisto deve essere valutato per determinare se deve essere reingegnerizzato. Ad esempio, nella fase di sviluppo delle specifiche, se un'azienda ha una scarsa storia di collaborazione inter-funzionale e di coinvolgimento precoce dei fornitori, il potenziale collaborativo della componente di *eDesign* di una strategia di *eProcurement* ha poche possibilità di successo. In questo caso, è necessaria una trasformazione della cultura aziendale e una reingegnerizzazione del processo di sviluppo delle specifiche.

Uno dei maggiori vantaggi portati dall'*eProcurement* riguarda la riduzione dei costi di transazione relativi ai processi di acquisto. I sistemi di *eProcurement* consentono alle aziende di rilevare e monitorare in modo più efficiente e accurato le spese a livello aziendale in varie aree di prodotti acquistati, permettendo di gestire tali costi in maniera più efficiente.

L'impatto dell'*eProcurement* riguarda anche l'inventario. I livelli di inventario potrebbero infatti essere ridotti in modo significativo. Un'efficace strategia di *eProcurement* in cui, ad esempio, le extranet collegano i sistemi di acquirenti e fornitori, facilita lo scambio di informazioni in tempo reale sul programma di produzione dell'acquirente. Il fornitore può quindi adeguare la propria produzione per soddisfare le variazioni della domanda dell'acquirente. Naturalmente, ciò implica che il fornitore abbia sviluppato capacità che consentano

questo grado di flessibilità. Pertanto, la questione della flessibilità del fornitore andrebbe affrontata prima di mettere in atto la strategia di *eProcurement*.

Punti d'attenzione e criticità

I costi di adozione delle tecnologie tradizionali a supporto dell'*eSupply Chain Execution*, siano essi costi di natura tecnologica o costi di natura organizzativa, sono generalmente percepiti come significativi. Si è quindi ingenerato un circolo vizioso in molti settori: un grado di adozione insufficiente per cogliere una parte cospicua dei benefici potenziali e allo stesso tempo una difficoltà di aumento del grado di adozione in quanto i benefici reali immediati appaiono inferiori ai costi di adozione. Questo limite è correlato a un mancato raggiungimento di adeguata massa critica, legato alla difficoltà di coinvolgimento soprattutto delle PMI e delle microimprese.

Le tecnologie Internet hanno in parte scardinato il circolo vizioso, consentendo di aumentare significativamente la natura e l'ampiezza dei benefici associati alle soluzioni di *eSupply Chain Execution*, agendo su entrambe le criticità evidenziate - massa critica e impatto sui processi - e allo stesso tempo riducendo i costi di adozione.

Allargando l'ambito applicativo (la copertura dei processi) diviene fondamentale la gestione del cambiamento, sia interno all'azienda che esterno, nei confronti dei partner commerciali. Molti progetti possono fallire, o comunque non conseguire i benefici attesi, per l'incapacità di "vendere" la soluzione ai potenziali utenti (sia interni che esterni).

Un'altra criticità che può verificarsi riguarda l'integrazione delle tecnologie utilizzate in ambito *eSupply Chain Management* dalle varie parti della *supply chain*. È innegabile che un'impresa potrebbe utilizzare un sistema software che non si integra facilmente con altri o, in questo caso, con le tecnologie dei fornitori. Questo crea un problema perché richiederebbe a uno dei fornitori di modificare il proprio sistema per consentire l'integrazione. Se il fornitore avesse un solo grande cliente, questo potrebbe non essere un problema, diverso il caso in cui un fornitore abbia più clienti differenti fra loro. Il disallineamento tra software è maggiormente probabile in un ambito internazionale, in cui si interfacciano sistemi diversi, e richiede dunque particolare attenzione.

L'*eSupply Chain Collaboration* può dimostrarsi difficile da implementare nella pratica, in quanto si potrebbe fare eccessivo affidamento sulla tecnologia senza riuscire a capire quali informazioni devono essere condivise e, soprattutto, come i processi aziendali devono essere modificati quando si implementa una nuova tecnologia.

In conclusione, l'analisi delle opportunità SCM, la creazione di una roadmap e di una strategia di digitalizzazione della propria *supply chain* offrono in questo senso la possibilità di migliorare le prestazioni e di essere adottate con successo.

Blockchain*

Definizione

Una delle prime annotazioni da evidenziare nel momento in cui si affronta il tema *Blockchain & Distributed Ledger Technologies* (DLT) è che non è appropriato considerare *Blockchain & DLT* come innovazioni tecnologiche, ma è più corretto parlare di un paradigma che si pone l'obiettivo di rappresentare il concetto di valore nel mondo digitale, con le sue caratteristiche più peculiari di unicità, univocità, identità, non replicabilità, immutabilità. Senza la tecnologia non ci sarebbe tutto questo, ma la tecnologia è una componente di un percorso che comprende tanto altro e che ci stiamo abituando a conoscere, nelle fasi che caratterizzano il suo sviluppo attraverso manifestazioni di questo paradigma, quali le criptovalute, i *token*, gli NFT (*non fungible token*), gli *smart contract*, le DApp, la DeFi e tanto altro.

La traduzione del termine blockchain, "catena di blocchi", aiuta a visualizzare una delle caratteristiche di questo paradigma che attiene fundamentalmente alla creazione e alla gestione di un registro distribuito, di un archivio che - a differenza di quelli "tradizionali", tipicamente centralizzati - è invece "distribuito", ovvero vive e funziona attraverso una serie di server ciascuno dei quali svolge un ruolo attivo. Più precisamente *Blockchain & DLT* sono sistemi basati su un registro distribuito in cui tutti i nodi di una rete possiedono la stessa copia di un database che può essere letto e modificato in modo indipendente dai singoli nodi. L'innovazione che sta alla base di questo modello sfrutta le potenzialità di una rete informatica e permette, grazie alla collaborazione degli stessi partecipanti alla rete, di gestire e aggiornare, in modo univoco e sicuro, il registro distribuito nel quale sono collocati dati e informazioni. Il tutto appunto in maniera distribuita, aperta e condivisa, senza la necessità di un'entità centrale che attivi il processo di verifica e di aggiornamento o che lo controlli.

La blockchain è considerata una *disruptive innovation* che si lega in particolare al concetto di fiducia. Ed è un aspetto, quello del *trust*, che siamo abituati ad associare a processi decisionali basati su modelli gerarchici, con un punto di riferimento in un "centro" o in un vertice. Ora, il concetto di fiducia proposto dalla blockchain non passa da un centro, ma è al contrario basato sulla rete con un processo definito come "consenso della rete" (o *network consensus*) che si completa e si rafforza con il concetto di immutabilità.

Con la blockchain si possono così attuare modelli organizzativi tra imprese, persone, istituzioni, organizzazioni o pubbliche amministrazioni grazie ai quali non è necessario disporre di un centro che si assume la responsabilità e l'autorità di un controllo, di una verifica e di un processo decisionale. Se si guarda alle applicazioni concrete della blockchain, la possibilità di disintermediazione e decentralizzazione consente, almeno potenzialmente,

* A cura dell'Osservatorio Export Digitale, Osservatori Digital Innovation, School of Management del Politecnico di Milano.

di fare a meno di diverse organizzazioni come banche, istituzioni finanziarie, notai etc.. Queste entità hanno tuttavia a loro volta vissuto un percorso di innovazione che le ha portate, in diverse circostanze e modalità, a utilizzare la blockchain per esprimere il loro valore sfruttando le potenzialità di questo paradigma.

Questa capacità di trasformazione di *Blockchain & DLT* si concretizza grazie a cinque componenti fondamentali: la rete, gli algoritmi, il registro distribuito, i trasferimenti e gli asset. Sulla base di questi componenti è possibile passare da un modello centralizzato, in cui una entità riconosciuta è nella condizione di controllare e autorizzare processi o transazioni, a un modello di tipo decentralizzato in cui il processo decisionale è distribuito tra soggetti grazie a due ulteriori "fattori abilitanti". Per completare il quadro di riferimento occorre infatti fare riferimento alla regola del consenso e alla crittografia. Nei *distributed database*, tutti i nodi che possiedono una copia del database sono in grado di consultarlo, ma hanno la necessità di passare da un ente centrale o comunque da soggetti che svolgono il ruolo di "validatori". In altre parole, qualsiasi modifica dei dati dipende da una specifica entità autorizzata a svolgere quel compito. Nei sistemi DLT le modifiche al registro sono invece regolate tramite algoritmi di consenso. Algoritmi che utilizzano un meccanismo che, unitamente all'utilizzo di soluzioni di crittografia, permette di garantire l'aggiornamento e l'allineamento tra le diverse versioni del registro e permette altresì di garantire allo stesso tempo la sicurezza e l'immutabilità del registro stesso. Le caratteristiche fondamentali che distinguono i diversi sistemi di *distributed ledger* sono a loro volta tre: la tipologia di rete, il meccanismo di consenso e la struttura del registro.

Vantaggi e campi di applicabilità

Il contesto e il mercato che fa riferimento a *Blockchain & DLT* è in grande fermento e presenta numerose prospettive di sviluppo. L'andamento del mercato tiene conto delle tre dimensioni che caratterizzano *Blockchain & DLT*: da quella più tradizionale dell'*Internet of value*, a quella più "industriale" della *Blockchain for business* sino a quella ricca di suggestioni e di sperimentazione del *Decentralized Web*. Le dimensioni del paradigma blockchain e i loro ambiti applicativi sono:

- *Internet of value*. Il presupposto dell'*Internet of value* è proprio nella missione originaria e primaria della blockchain, ovvero la possibilità di consentire uno scambio di valore in forma *peer-to-peer* eliminando la necessità degli intermediari: con questo sviluppo l'*Internet of value* si è estesa e arricchita e ha registrato nel corso del 2021 una crescita di interesse da parte di attori del mondo finanziario e *payment* tradizionale, come ad esempio (solo per fare alcuni nomi) PayPal, Visa o Mastercard. Un'attenzione che ha avuto il suo corrispettivo nell'affermazione sui mercati tradizionali di attori che sono invece nativi del mondo Cripto come, solo per fare un esempio, la quotazione record di Coinbase al Nasdaq.
- *Blockchain for business*. Sono i progetti in cui i processi di business tradizionali vengono replicati utilizzando le tecnologie Blockchain. In questa categoria i progetti perseguono in genere i seguenti tre obiettivi:

verificabilità dei dati, per registrare alcune caratteristiche di dati o documenti in modo che siano visibili e verificabili da altri attori dell'ecosistema o ad attori terzi coordinamento e realizzazione di processi affidabili. Coordinamento dei dati: per condividere dati tra più attori in modo che il coordinamento sia più efficace ed efficiente. Realizzazione di processi affidabili: eseguire processi su blockchain per fare in modo che ogni loro passaggio sia verificabile.

Questi progetti richiedono un grande sforzo in termini di investimenti per trovare accordi e per definire una governance condivisa e spesso trascorrono molti mesi tra l'annuncio e l'avvio operativo del progetto. Molti dei progetti che hanno avuto inizialmente successo nel realizzare delle piattaforme di ecosistema, oggi faticano a generare un valore tangibile che vada oltre la digitalizzazione dei processi di business e l'allargamento ad altri ambiti applicativi.

- *Decentralized web*: applicazioni decentralizzate (DApp), tra cui il mondo dei *collectible*. La blockchain diventa una infrastruttura abilitante per la creazione e lo sviluppo di soluzioni di business innovative. Le principali innovazioni si stanno sviluppando negli ecosistemi decentralizzati basati su piattaforme *permissionless*. Le aziende tradizionali guardano con forte interesse agli NFT nel mondo dei *collectible* e dell'arte digitale. Questo fenomeno, pur essendo noto dal 2017, è esploso durante gli ultimi due anni e ha toccato diversi settori, dal mondo dell'arte a quello del calcio.

I confini di queste tre categorie non sono così netti e non è sempre semplice classificare un caso in una categoria rispetto ad un'altra; tuttavia, questa distinzione consente un'analisi diversificata delle applicazioni e delle loro evoluzioni.

Concentrandosi sull'ambito *blockchain for business*, uno dei campi di maggiore applicabilità della tecnologia blockchain riguarda la visibilità di dati e processi all'interno di una *supply chain*, sia a livello nazionale che internazionale. Con visibilità ci si riferisce in questo caso alla capacità di conoscere in modo tempestivo lo stato delle varie materie prime, dei semilavorati e dei prodotti finiti all'interno del ciclo di produzione e distribuzione. Per ottenere i vantaggi derivanti da una completa visibilità dei dati in una *supply chain*, le informazioni dovrebbero essere tracciabili in tempo reale e condivisibili, se necessario, con i partner coinvolti. In particolare, la tecnologia blockchain potrebbe permettere il passaggio da una tipologia di visibilità *one up-one down*; in cui i produttori conoscono i loro fornitori diretti (*one up*) ed i loro clienti diretti (*one down*), ma hanno una visibilità parziale dell'intera *supply chain*; ad un tipo di visibilità *end-to-end*, in cui si estende la visibilità a tutti i livelli della *supply chain*, anche quelli non direttamente connessi al proprio. Si crea così un ecosistema in cui tutti gli attori coinvolti hanno piena visibilità dei dati e dei processi che compongono la *supply chain*. Una visibilità *end-to-end* può essere ottenuta solamente affidandosi ad una *single source of truth*, in grado di strutturare i modelli di informazioni e gli schemi di dati associati in modo che ogni singolo dato sia controllato e modificato in un unico database, permettendo alle singole soluzioni adottate dai vari attori di comunicare e coordinarsi fra loro, ottimizzando la visibilità e la trasparenza dell'intera *supply chain*.

La tecnologia blockchain può rappresentare la *single source of truth* necessaria all'implementazione di un modello di visibilità *end-to-end*. Le tecnologie *distributed ledger* permettono di ottenere una *single source of truth* in modo decentralizzato e fidato. L'applicazione di tecnologie DLT permette la creazione di una vera e propria *common source of truth* (CSoT), ovvero una fonte di informazioni decentralizzata, distribuita e condivisa fra tutti i partecipanti della *supply chain*.

La CSoT permette quindi di ottenere tre elementi peculiari: la possibilità di gestire i dati in modo sicuro ed immutabile, la possibilità di sviluppare applicazioni il cui codice sia verificabile da chiunque (*common knowledge computing*), la possibilità di scambiare valore in maniera decentralizzata, attraverso l'utilizzo di asset digitali emessi e gestiti tramite tecnologie blockchain. Questi elementi portano dei chiari vantaggi a tutti gli attori di una *supply chain*, per citarne alcuni: maggiore trasparenza, maggiore efficienza nella tracciabilità dei prodotti, maggiore efficienza nell'individuazione di eventuali colli di bottiglia ed inefficienze, riduzione dei rischi di fornitura.

Un esempio concreto di un progetto internazionale in cui la tecnologia blockchain viene applicata alla *supply chain* è il progetto di una grande azienda tecnologica, avente come obiettivo il miglioramento della tracciabilità e rintracciabilità nelle *supply chain* alimentari: (figura 1).

Inoltre, relativamente al commercio internazionale, un ambito in cui la blockchain potrebbe essere applicata in modo efficiente riguarda la logistica ed il sistema di trasporti internazionale. La blockchain può contribuire a rendere più efficienti le aziende di logistica grazie a un sistema di registro pubblico che traccia e archivia i movimenti di ogni container. In questo ambito una grande rivoluzione potrebbe essere quella data dagli *smart contract*. Uno *smart contract* è un codice informatico, basato su un sistema DLT, che consiste in un insieme di istruzioni pre-programmate. Esso memorizza i termini dell'accordo di un contratto tra due (o più) parti ed esegue automaticamente tali termini quando vengono soddisfatte determinate condizioni prestabilite. In parole povere, si tratta di un "contratto auto-esecutivo". Gli *smart contract* sono quindi contratti per i quali i rivenditori non hanno più bisogno di broker, avvocati o altre terze parti per completare le attività. Attraverso gli *smart contract*, le aziende possono utilizzare questi dati per implementare percorsi più veloci ed eliminare passaggi inutili nel processo di consegna, oltre a ridurre i colli di bottiglia e gli errori di trascrizione. Gli *smart contract* consentirebbero ai rivenditori e alle aziende di logistica di stipulare accordi vincolanti che si sciolgono immediatamente se non vengono rispettate tutte le clausole concordate. Questi contratti potrebbero aumentare la trasparenza e i profitti, riducendo al contempo i tempi di consegna e i costi degli errori.

Figura 1

Obiettivo

Migliorare la traccia e la rintracciabilità nelle abilità supply chain alimentari

Dettagli

Stato: Operativo
Anno: 2018
Settore: Agrifoodt



Descrizione

Sviluppo di una piattaforma in grado di connettere l'intero ecosistema di produttori, fornitori e rivenditori lungo l'intera filiera alimentare, creando un sistema sicuro di tracciabilità. Gli utenti della soluzione possono individuare rapidamente gli articoli all'interno della propria supply chain, in tempo reale, interrogando gli identificativi dei prodotti come Global Trade Item Number (GTIN) o Universal Product Code (UPC), o utilizzando il nome del prodotto e filtrando le date.

Partecipanti

- Produttori
- Fornitori
- Distributori

Protocollo

- Hyperledger Fabric
- Permissioned platform

Benefici

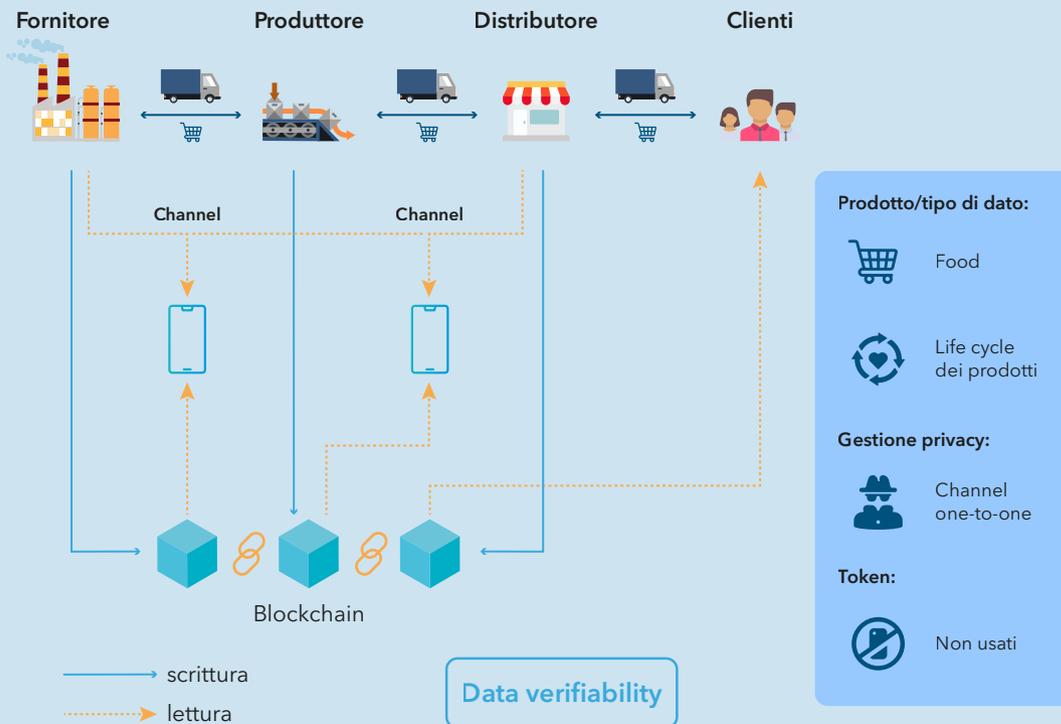
- Riduzione tempi e costi
- Tracciabilità dei prodotti

Benefici

- Informazioni digitalizzate di prodotti fisici
- Informazioni di business

Tecnologia

La piattaforma consente ai partecipanti di immettere i propri dati su una piattaforma Distributed Ledger all'interno della quale solo partner delle transazioni sono autorizzati a visualizzare gli stessi dati. La presenza dei "channel" assicura all'organizzazione proprietaria il pieno controllo sui dati tramite politiche di controllo di accesso.

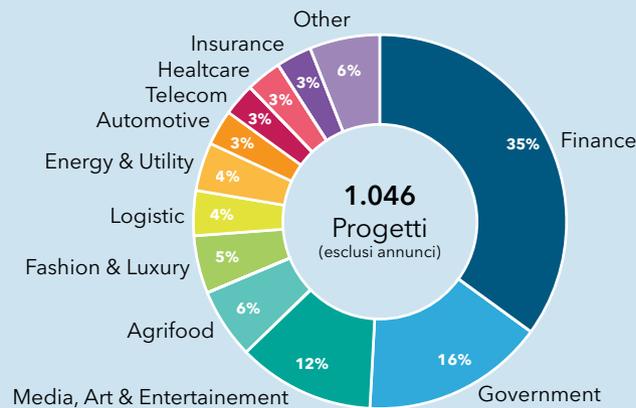


Schema del progetto (a cura dell'Osservatorio Blockchain & Web3. Fonte Osservatori Digital Innovation - Politecnico di Milano (www.osservatori.net))

Principali settori di applicazione

Grafico 1 - I settori di applicazione dei progetti Blockchain e Distributed Ledger nel mondo.

Stime dell'Osservatorio Blockchain & Web3.



Other: Airline, Consumer goods, charity, chemical mining activities, Real Estate, Travel

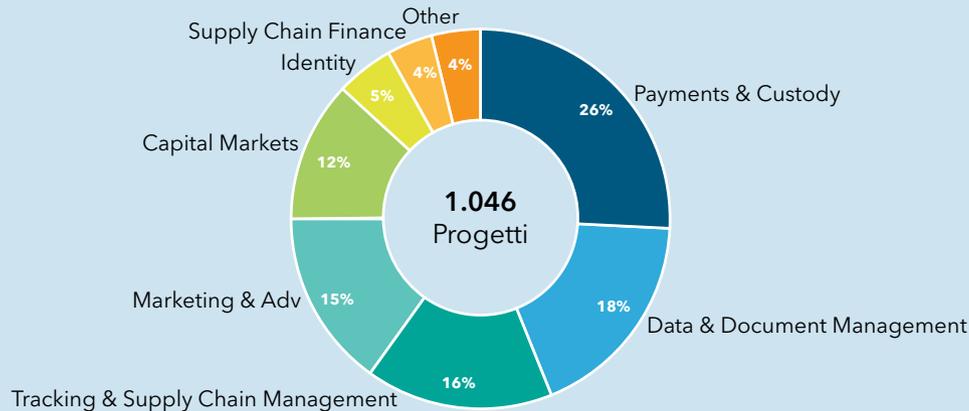
Fonte Osservatori Digital Innovation - Politecnico di Milano (www.osservatori.net)

Si possono individuare 1.046 progetti in fase di implementazione avanzata realizzati in tutto il mondo tra il 2016 ed il 2022. Applicando a questi progetti una divisione settoriale, si può notare come il settore finanziario sia quello più attivo (366 progetti, 35 per cento del totale).; va notato come il settore *Media & Arts* ha visto una crescita particolarmente rapida, passando nel 2022 al 12 per cento dei casi totali (era al 7 per cento nella stessa indagine del 2021). Questa crescita è stata trainata soprattutto dall'esplosione del fenomeno NFT. Aziende e artisti si sono interessati alle potenzialità di questo strumento, realizzando progetti che hanno spesso avuto ampia copertura mediatica.

Principali processi coinvolti

Grafico 2 - I principali processi coinvolti nei progetti Blockchain e Distributed Ledger.

Stime dell'Osservatorio Blockchain & Web3



Other: Exchange & Trading Voting, Software Development

Fonte: Osservatori Digital Innovation - Politecnico di Milano (www.osservatori.net)

Se si considerano gli stessi progetti presi in esame nel grafico precedente ma con una divisione per processi e non per settori, si può notare come i processi maggiormente coinvolti siano quelli relativi alla gestione dei pagamenti (26%), alla gestione documentale (18%), alla tracciabilità e gestione delle filiere (16%) e al marketing (15%). L'ambito relativo ai pagamenti è uno degli sbocchi naturali delle criptovalute - nate proprio come mezzo di pagamento *peer to peer* - e in generale delle tecnologie blockchain e conta un numero rilevante di progetti negli anni.

Riguardo all'ambito dei pagamenti internazionali, criptovalute e token possono essere scambiati cross-border in modo generalmente più efficiente rispetto ai tradizionali sistemi interbancari (con minori costi e in minor tempo), garantendo le proprietà di trasparenza, verificabilità e non manomissibilità delle transazioni. La programmabilità della blockchain, poi, permette di legare i pagamenti (in generale il trasferimento di asset *on-chain*) a clausole predeterminate utilizzando gli *smart contract*, già esaminati con riferimento al commercio internazionale.

Punti d'attenzione e criticità

Una delle criticità maggiori del paradigma blockchain è relativa al successo nel lungo periodo delle applicazioni dei progetti *blockchain for business*. L'abbandono di queste iniziative non è sintomo del fallimento di una tecnologia, ma piuttosto della complessità di progetti di ecosistema così ampi, che sovente incontrano difficoltà su alcuni aspetti principali: la creazione dell'ecosistema, la sostenibilità economica, lo sviluppo di prospettive evolutive per l'ecosistema di business e i limitati benefici portati da soluzioni basate su *distributed ledger private e permissioned*.

Relativamente alle criticità e punti di attenzione riguardanti la potenziale applicazione delle tecnologie blockchain nel campo del commercio internazionale, va posta attenzione sulla anonimità nelle transazioni che un sistema basato sulla blockchain introdurrebbe. Non esistono infatti sistemi di autenticazione standardizzati associati a transazioni eseguite tramite blockchain. A meno che questi sistemi non vengano sviluppati, si rischia di avere una situazione in cui chi commercia rischia di farlo con attori discutibili o violando restrizioni internazionali senza nemmeno saperlo.

Per fortuna vi sono vari progetti che mirano ad integrare l'uso di sistemi di identità digitale e di autenticazione nei sistemi di transazione basati su blockchain: l'obiettivo è fare in modo che tutti gli attori coinvolti in una transazione siano chiaramente riconoscibili dalle altre controparti. Un altro punto di attenzione riguardante questo tema è legato alla validità legale che bisognerebbe dare a transazioni gestite ad esempio tramite *smart contract*. In questo senso, andrebbero sviluppati framework legali adeguati, per legittimare un nuovo tipo di transazioni.

Anche per quanto riguarda la dimensione *Internet of value* è possibile individuare diverse criticità, legate soprattutto al settore delle criptovalute. Se ne possono individuare principalmente tre: valutazioni confuse, forte interdipendenza e la mancanza di un supporto di liquidità.

Alcuni dei *cripto token* più comunemente scambiati sono prodotti complessi come i derivati e i "token" emessi dalle piattaforme DeFi, per i quali non esistono modelli di valutazione consolidati, per cui la fiducia nei prezzi può svanire in un attimo. Un'altra criticità deriva dall'elevato grado di interconnessione tra le piattaforme DeFi: poiché fra i grandi prestatori di criptovalute è aumentata la concorrenza, per attirare una quantità però decrescente di investimenti, si sono progressivamente alzati i rendimenti promessi ai depositanti; il che, a sua volta, li ha portati a investire i fondi depositati in progetti più rischiosi. In questo sistema, è facile intuire che quando il prezzo di un'attività scende, gli effetti si propagano a cascata nell'intero sistema. La terza criticità riguarda l'assenza di un supporto di liquidità che impedisca una caduta libera dei prezzi degli asset, in assenza di una "rete di sicurezza" degli enti regolatori come nella finanza tradizionale.

LE BEST PRACTICE DELLE IMPRESE ITALIANE E IL RUOLO DEI DIGITAL INNOVATION HUB

4. Le best practice delle imprese italiane e il ruolo dei Digital Innovation Hub*

Introduzione

Lo scopo di questo capitolo è quello di analizzare, attraverso la tecnica dei Focus Group, gli effetti dei cambiamenti digitali adottati dalle imprese selezionate sulla loro esposizione all'estero, realizzata sia attraverso l'export sia mediante altre modalità di internazionalizzazione (associate/partecipate/joint venture). Circoscrivere però il campo della digitalizzazione è sempre più complesso, anche prendendo in esame il solo comparto produttivo. Le soluzioni adottate possono riguardare i prodotti, i processi produttivi o organizzativi, l'interazione con i clienti e fornitori o tra i collaboratori dell'impresa. Inoltre, la digitalizzazione si compone tanto di hardware e software - il diverso articolarsi dei quali a livello di singola impresa è già tale da determinare una disomogenea diffusione della digitalizzazione tra le imprese - quanto di cambiamenti organizzativi, di competenze e di condizioni esogene, riferibili al c.d. ecosistema.

Comprenderne gli effetti sulle imprese, così come gli ostacoli all'implementazione, richiede di distinguerle e procedere a un'analisi dettagliata, prima di poter arrivare a una sintesi. Per tale motivo, per la composizione dei Focus Group è stato naturale e financo necessario non operare selezioni sulle imprese coinvolte se non quella, preliminare, di verificarne il grado di maturità digitale¹. Grazie alla disponibilità di 31 aziende così selezionate, alle loro risposte al questionario² e al confronto diretto, è stato possibile toccare numerose accezioni della digitalizzazione, ricavando, in molti casi, conferme rispetto a quanto già riscontrato in letteratura e intravedendo nuovi campi di ricerca. Le tecnologie digitali applicate dal campione di imprese intervistate includono tutte quelle individuate dall'Istat e dall'OCSE, sebbene abbiano, all'interno delle imprese, un diverso grado di implementazione.

Nel corso degli approfondimenti con le imprese è emersa chiaramente la presenza di una scala gerarchica delle varie tecnologie digitali da loro implementate: alcune di esse ne abilitano altre, così come non tutte richiedono lo stesso grado di competenze per essere utilizzate: sono proprio le meno diffuse - anche a causa della loro applicazione più complessa - quelle che possono però assicurare un vantaggio competitivo. Avere accesso a un PC aziendale non può essere messo sullo stesso piano del saper utilizzare strumenti di intelligenza artificiale, così la banda larga può essere condizione per realizzare *digital twin* di prodotto o di processo. Inoltre, le tecnologie hanno un diverso impatto sia

* Redatto da Valentina Carlini (Politiche per il Digitale e Filiere, Scienze della Vita e Ricerca, Confindustria), Gianluca Fiorindi (Piccola Industria Confindustria) e Cristina Pensa (Centro Studi Confindustria). Questo lavoro è stato reso possibile grazie alla disponibilità di importanti imprese associate a Confindustria, tra cui: Acomon S.r.l., AD Dal Pozzo, AM Consulting Sas, Bemax Srl, Bergomi S.p.A., Bonfanti borse srl, Cosberg SpA, Eurofork S.p.A., Icaplants srl, Infia Srl, Lanzi srl - Sistemi Distribuzione automatica e DPI, Leonardo S.p.A., Marchesini Group S.p.A., Matchplat s.r.l., Maxfone Srl, Nur Srl, OrangePix S.r.l., Organizzazione Aprile, Pattern S.p.a, Poggipolini S.p.A. , Rapitrad Srl, Reynaldi Srl Società Benefit , Ritorcitura Simonetta Srl, Rollerli Spa, Sales Srl Società Benefit, Secure Network srl, Sicamb S.p.A., Top Automazioni S.r.l., Toyota Material Handling Manufacturing Italy S.p.A.

1 Si veda la nota metodologica in appendice.

2 Si veda la nota metodologica in appendice.

sull'attività complessiva dell'impresa sia sulle sue diverse funzioni. La stampa 3D, ad esempio, non ha lo stesso impatto delle vendite online, così come il *cloud* non può essere paragonato all'implementazione dell'*Internet of Things* (IoT) perché il suo impatto è molto diverso sul processo produttivo dell'impresa e quindi sulla sua competitività³.

Un altro elemento da considerare è la difficoltà nel definire una relazione causale netta tra aumento delle tecnologie digitali adottate e maggiore esposizione all'estero, come evidenziato anche nei capitoli 1 e 2. La presenza di una forte correlazione tra il grado di efficienza di una impresa, il suo livello di maturità digitale e quello di esposizione all'estero può infatti complicare la ricerca di un legame causale univoco. Un'impresa efficiente è anche più competitiva a livello internazionale ed è quindi possibile che abbia anche raggiunto un maggiore grado di internazionalizzazione. Tale impresa, efficiente e competitiva, cercherà anche di attuare tutti i cambiamenti di processo e di prodotto tecnologicamente rilevanti e necessari a mantenere e rafforzare la sua competitività a livello globale. In questo contesto è possibile riscontrare una correlazione strettamente positiva tra grado di digitalizzazione adottato e di internazionalizzazione raggiunto senza però definire chiaramente la direzione di causalità.

Considerando i benefici a livello paese della digitalizzazione, è anche opportuno rilevare la maggiore possibilità di nascita e sviluppo alle start up innovative, così come il contributo rilevante offerto anche alle piccole imprese più mature: nell'attuale scenario, sempre più complesso e mutevole, soprattutto le possibili innovazioni tecnologiche di processo e di prodotto consentono di rafforzare la loro competitività, a patto però di realizzare questi cambiamenti tecnologici più frequentemente. La digitalizzazione, grazie alla sua capacità di ridurre i costi di transazione, gli scarti e gli errori, di rafforzare il *time-to-market* e di avvicinare i consumatori, da un lato riduce il beneficio derivante dalle economie di scala; parallelamente però, grazie alla riduzione dei costi variabili di produzione e i costi di coordinamento e gestione interni all'impresa, favorisce l'effetto di questa stessa strategia aziendale. Il bilancio è quindi dibattuto e ogni impresa ha davanti più opzioni.

Altrettanto difficile da stimare è l'impatto delle nuove tecnologie sulla dinamica delle Global Value Chain (GVC). Già prima della crisi pandemica, nel 2019, la Banca Mondiale⁴ sottolineava come il commercio si stesse spostando da una versione rigida del vantaggio comparato, basata sull'arbitraggio del costo del lavoro, verso una maggiore importanza attribuita alla differenziazione dei prodotti e all'introduzione di nuove tecnologie. Un processo dovuto non solo all'impatto del digitale, stimato come incerto - in quanto sia potenzialmente capace di ridurre la lunghezza delle *supply chain*, incoraggiando il *reshoring* della produzione manifatturiera, sia di accentuare ulteriormente (o perlomeno consolidare) catene di fornitura geograficamente disperse riducendo i costi di coordinamento e di incontro tra acquirenti e fornitori - ma anche al fatto che molte imprese basano da anni le loro decisioni di localizzazione su fattori diversi dai salari, come il talento, le infrastrutture materiali e immateriali, la vicinanza al mercato di destinazione finale, e, non da ultimo, l'esistenza di politiche industriali incentivanti.

3 Accedere all'e-commerce può rappresentare un booster per le vendite, ma, se non è accompagnato anche da un cambiamento nella modalità di produzione che migliori la competitività dell'impresa a livello globale, potrà essere non prolungato; allo stesso modo, introdurre miglioramenti nel sistema di produzione che comportino un salto sulla frontiera tecnologica, tale da rendere l'impresa più efficiente, determinerà un rafforzamento della competitività di impresa con un effetto positivo sulle sue performance.

4 World Bank-World Trade Organization, *Global Value Chain Development Report 2019: Technological Innovation, Supply Chain Trade and Workers in a Globalized World*. Washington, D.C. : World Bank Group.

Ne deriva una grande opportunità anche per le imprese di minori dimensioni, che sarebbe opportuno supportare nella transizione digitale anche in virtù delle esternalità positive che una loro maggiore digitalizzazione potrebbe offrire a tutto il sistema economico, in particolare in un contesto produttivo come quello italiano⁵.

Le politiche che incoraggiano l'adozione del digitale sono giustificate dal potenziale intrinseco di queste tecnologie a sostegno della produttività, soprattutto per le imprese più in ritardo (Gal, P. et al., 2019), ma dovrebbero essere accompagnate da sforzi per creare le condizioni che consentano il recupero anche delle aziende più in difficoltà, al fine di evitare una polarizzazione della crescita, e la riallocazione efficiente delle risorse nell'economia (Sorbe et al., 2019)..

4.1 Gli effetti non lineari della digitalizzazione sull'internazionalizzazione

4.1.1 Il processo di digitalizzazione emerso dalle imprese intervistate

La presenza o meno di una soluzione digitale all'interno delle imprese non riesce a restituire il reale grado di digitalizzazione dell'azienda, a causa della necessità di tutto quell'insieme di elementi intangibili, e difficilmente misurabili, che ne abilitano la trasformazione digitale. L'utilizzo di uno strumento o soluzione connessa può quindi nascere come una risposta a un problema, e in questo esaurire la sua spinta, o può divenire poi un elemento di cambiamento profondo dei processi dell'impresa. È quindi la risposta che la cultura aziendale dà alla soluzione che può contribuire a cambiare l'idea di digitale, dalla mera semplificazione e risparmio (sia esso di carta, energia o tempo) a quella di abilitatore di nuove possibilità.

Le imprese che hanno partecipato ai Focus Group, sebbene abbiano adottato tecnologie digitali tra loro diverse, hanno riconosciuto nei cambiamenti tecnologici avviati degli strumenti abilitanti per nuove possibilità di sviluppo della loro attività. In questo contesto, il vincolo della formazione dei propri dipendenti è il fattore comune alla maggior parte degli intervistati ed emerge come un costo nascosto, rilevante e non perfettamente stimabile a monte, così come riscontrato anche nei capitoli precedenti.

In generale, si può dire che la digitalizzazione dei processi aziendali e la crescente automazione dell'analisi dei dati, anche attraverso strumenti di intelligenza artificiale (AI), presentano più di una sfida applicativa per l'imprenditore e l'organizzazione. Oltre a spingere sull'efficienza del processo produttivo, l'avvalersi di *black-box* per la loro implementazione - ovvero di strumenti tecnologicamente avanzati, ma dei quali chi controlla e attua il processo ha una comprensione più limitata rispetto a quella che aveva nel processo analogico - rischia di compromettere la capacità dell'individuo di intervenire su problemi non codificati o di poter apportare miglioramenti allo stesso processo. Si realizza quindi un passaggio di conoscenza dagli utilizzatori della macchina agli sviluppatori degli strumenti digitali, che hanno una piena consapevolezza degli algoritmi e dei codici che sottendono i processi, ma

⁵ È dibattuta la relazione tra digitalizzazione e produttività, per quanto emerga il ritardo italiano e i benefici che se ne potrebbe trarre colmandolo (Cinquegrana, G., 2019; Cristadoro, R., 2019; Gal, P. et al., 2019)

che potrebbero non conoscere le caratteristiche della produzione della specifica azienda.

Per tale motivo emerge sempre più la necessità di *data analyst* e *data scientist* all'interno delle imprese, oltre che di una trasformazione della relazione uomo-macchina⁶. L'incapacità di utilizzare le tecnologie può infatti divenire un problema che peggiora l'efficienza dell'azienda, qualora una parte della popolazione aziendale si trovi a dover cambiare i propri processi senza adeguata - e preliminare - conoscenza e competenza. Nonostante tale rischio, se vi è una corretta implementazione e gestione del processo produttivo digitalizzato questa limitazione è, nella quasi totalità dei casi, più che compensata dal miglioramento in termini di efficienza che l'impresa ne trae.

A questo si aggiunge che un'apertura mentale, indipendentemente dal grado di formazione raggiunto dagli operatori, è un requisito necessario per operare in maniera efficace all'interno delle imprese che applicano una trasformazione digitale. Tale predisposizione ai cambiamenti consente di mettere in discussione i processi precedenti e, operando una sorta di azione *destruens* e quindi *construens*, di ricostruirli in modo digitale. Per questo, sarebbe auspicabile un rafforzamento dei corsi di formazione in azienda, di supporto alle piccole imprese per realizzarli e un potenziamento di strutture di riferimento sul territorio utili a far acquisire profondamente le nuove tecnologie nel più breve tempo possibile (si veda il paragrafo 4.4).

Apparentemente il digitale offrirebbe una terza opzione, che è emersa nel dibattito recente, anche per la sua natura distopica: la possibilità per le imprese di automatizzare la produzione e causare così una completa sostituzione del capitale umano (Frey, B. et al., 2013). Un'idea che è stata molto ridimensionata⁷ ma che può assicurare solo a patto di accettarne e seguirne le premesse: il lavoro si trasformerà e saranno quindi necessarie più e diverse competenze, in poche parole sempre necessarie le persone, ma più e diversamente formate. Un monito non solo per il comparto produttivo, ma anche per il sistema dell'*education*.

6 Come sottolinea P. Benanti in (Gabrielli, 2020), "nello sviluppo delle intelligenze artificiali (AI) la divulgazione dei successi ottenuti da queste macchine è sempre stata presentata secondo un modello competitivo rispetto all'uomo. [...] In realtà queste macchine non sono mai state costruite per competere con l'uomo ma per realizzare una nuova simbiosi tra l'uomo e i suoi artefatti: (homo+machina) sapiens".

7 CSC, Il digitale sostituirà l'uomo con le macchine?, 2019; (WEF, 2020).

Box - Il ruolo delle competenze

“Dico sempre che le nostre tecnologie abilitanti sono i giovani, con cui è stato possibile applicare un nuovo e diverso metodo di lavoro” (impresa del settore robot industriali)

“I processi e il know-how devono divenire patrimonio dell'azienda. Quello che fa uno, l'altro deve saperlo rifare, senza necessità di spiegazioni. Anche grazie alla realtà aumentata, il progettista non parla con chi monta la macchina, ma è capace di farlo” (impresa del settore robot industriali)

“Le piccole imprese conoscono le potenzialità anche delle tecnologie di frontiera, come l'intelligenza artificiale, per affiancare i propri collaboratori. La difficoltà è però capire come applicarle nel concreto” (impresa del settore refrigerazione)

“Senza una conoscenza delle basi, per *step*, si rischia di digitalizzare l'inefficienza. Senza digitale ormai non c'è futuro, ma se si sbaglia a digitalizzare un'azienda, soprattutto una piccola impresa, questa è finita” (impresa del settore robot industriali)

“Il problema è introdurre strumenti complessi senza le capacità per gestirle. La sfida è quindi sia per chi le produce, di semplificare gli strumenti, sia di chi le deve applicare per rendersi conto se davvero gli servono” (impresa che propone soluzioni per la crescita dei canali e-commerce)

“La digitalizzazione dell'impresa ha comportato un *upgrading* del nostro capitale umano” (impresa del settore meccanica)

“Il dato è ricchezza ma bisogna imparare a usarli, la creazione del valore passa attraverso la gestione dei dati” (impresa produttrice di macchine e attrezzature per l'industria)

“La digitalizzazione è uno strumento, tale deve rimanere, al fine di ottenere i risultati migliori è fondamentale conoscere profondamente il processo da digitalizzare” (impresa produttrice di macchine e attrezzature per l'industria).

L'innovazione è infatti un processo sistemico, che si realizza attraverso elementi materiali e immateriali, interni ed esterni all'impresa (Chesbrough, 2003) e attraverso il contributo dello stesso ecosistema. Sono quindi necessarie specifiche competenze per cogliere le opportunità offerte dagli strumenti digitali, oltre che elementi di contesto capaci di abilitarne il pieno potenziale. Inoltre, la digitalizzazione beneficia di effetti di rete: ciò può accadere all'interno di una filiera, dove, se più aziende si digitalizzano, il beneficio per ogni impresa dall'aumento del grado di digitalizzazione è superiore a quello che potrebbe ottenere se fosse la sola; così come può realizzarsi sul mercato, nel quale l'aumento di potenziali clienti connessi amplifica anche il beneficio potenziale della presenza online dell'azienda (Katz & Shapiro, 1985; Varian, 2018). Lo stesso effetto moltiplicatore si può avere anche dentro l'impresa: al crescere delle funzioni

aziendali coinvolte nella raccolta e analisi integrata dei dati prodotti, grazie alla loro interoperabilità, cresce anche il beneficio che l'azienda può ottenere da tale processo. I dati si muovono quindi in modo circolare, dentro e fuori l'azienda e nelle varie funzioni, creando potenziale valore in ognuno di questi passaggi.

Occorre quindi considerare la digitalizzazione come un processo complesso, che inizia molto prima dell'inserimento dello strumento o soluzione digitale e finisce molto dopo, comprendendo in esso lo studio del problema "analogico", delle competenze necessarie a trasformarlo, della loro disponibilità in azienda o sul mercato, dell'interazione con il resto dell'azienda e, a seguito dell'investimento, del suo effettivo ritorno economico e organizzativo, in modo da procedere ad aggiustamenti e, come anticipato, di eventuali possibili effetti di rete, da ricercare.

Ne deriva che, a fianco dell'introduzione e utilizzo di tecnologie digitali, per registrare positivi impatti sui processi di internazionalizzazione è altrettanto importante che l'impresa affianchi le necessarie competenze interne: il vantaggio competitivo diviene duraturo grazie al modo in cui le imprese sfruttano tali tecnologie per costruire competenze e capacità uniche, piuttosto che dalla loro semplice adozione (Cassetta et al., 2020; Dethine et al., 2020).

Per questo motivo è fondamentale avere una piena consapevolezza del processo produttivo che si vuole digitalizzare, per scegliere lo strumento migliore, che può essere anche quello con un costo più contenuto, quindi anche alla portata di piccole imprese con una minore disponibilità finanziaria. Ciò si realizza attraverso l'analisi del flusso del valore⁸, sia per come è (*mapping*) sia per come è necessario trasformarlo (*design*). Individuato il punto di arrivo, è necessario capire in che modo lo strumento digitale si inserisce per migliorare il processo. La digitalizzazione di un'impresa comporta, infatti, un aumento crescente delle fasi del processo che divengono codificabili e ciò determina un rilevante cambiamento nella modalità di gestione dell'attività produttiva: da una di tipo soggettiva, che dipende dal singolo operatore e dalla sua conoscenza del processo, grazie alla propria esperienza e formazione, a una di tipo oggettiva, in cui l'elemento umano è molto meno influente sulla gestione ordinaria della produzione e in cui il know-how viene trattenuto in azienda. Quel che può sembrare un impoverimento del capitale umano dell'impresa è in realtà una grande occasione anche per le PMI, in cui, con un numero minore di collaboratori, il rischio è divenire eccessivamente dipendenti da un singolo operatore, che potrebbe - lasciando l'azienda - interromperne improvvisamente la capacità produttiva. Questo cambiamento radicale rafforza quindi l'autonomia dell'impresa, ma nello stesso tempo richiede un investimento continuo di risorse economiche e tempo, oltre a una conoscenza profonda, da parte dei principali operatori umani, dei processi digitali introdotti.

Parallelamente, ogni avanzamento nella digitalizzazione prevede un corrispondente utilizzo di sistemi di sicurezza informatica, la cui presenza è tanto più importante quanto più estesa e complessa è la connessione all'interno dell'unità produttiva⁹. In questo caso è possibile identificare un effetto rete "al contrario": al crescere degli oggetti connessi alla rete - siano essi in dotazione al personale aziendale o macchinari - crescono anche le possibili porte d'accesso e, quindi, le potenziali minacce. Un adeguato livello di *cybersecurity* è quindi prodromico a ogni tipo di digitalizzazione, una consapevolezza che però -

⁸ Riprende, in parte, aggiornandoli i dettami della *Toyota production system*.

⁹ Una consapevolezza che ha portato alcune grandi realtà a disconnettersi da internet, o a lasciare una sola porta collegata con l'esterno, affidando la gestione del flusso delle informazioni interne a reti proprietarie e chiuse.

stando ai dati sul sistema produttivo italiano¹⁰ – non sembra ancora abbastanza diffusa, nonostante sia richiesto, per accedere ad alcuni mercati, anche un adeguato livello di compliance sulla sicurezza informatica¹¹. A tal proposito, un acceleratore di cambiamento potrebbe essere l'appartenenza a una specifica filiera, in cui l'impresa capofiliera, per adeguare la sua catena di fornitura, può fungere da facilitatore e supporto al cambiamento anche per i c.d. esportatori indiretti.

I Focus Group effettuati si sono sviluppati su due piani: uno preliminare, per individuare il tipo di cambiamento digitale che le imprese intervistate avevano introdotto, e un altro, successivo, per analizzare i possibili legami tra queste innovazioni digitali introdotte e l'internazionalizzazione, sia effettuata direttamente dall'impresa – come export o come altra forma di internazionalizzazione – sia indirettamente, ovvero quale fornitore strategico di un'impresa internazionalizzata (partecipazione a Global Value Chain). Evidenziare gli impatti già realizzati e quelli possibili nel prossimo futuro è lo scopo dei paragrafi successivi.

4.1.2 I principali processi digitali che favoriscono l'internazionalizzazione dell'impresa

Grazie alla digitalizzazione, parole che fino a poco tempo fa potevano apparire ossimori sono divenute coppie indissolubili: qualità e rapidità, economie di scala e unicità del prodotto. Le imprese diventano più flessibili e capaci di riconfigurare i propri impianti, per produrre anche piccoli lotti rispondenti a specifiche necessità dei clienti. L'applicazione del *Computer Aided Design* (CAD) – *Computer Aided Manufacturing* (CAM), ad esempio, ha eliminato tutti i processi intermedi tra la fase di progettazione e quella di produzione, riducendone i tempi e consentendo anche l'utilizzo di nuovi input produttivi, inducendo una profonda trasformazione del paradigma produttivo.

Le aziende intervistate che l'hanno implementata hanno sperimentato un aumento della loro produttività in termini di riduzione degli sprechi, ottimizzazione dei tempi e possibilità di produzione in piccoli lotti, che ha inevitabilmente comportato un rafforzamento delle loro quote all'estero. Inoltre, l'utilizzo di nuovi input, in alcuni casi, ha reso possibile praticare anche una diversificazione del prodotto rafforzando la solidità dell'impresa. Il prodotto risulta così sempre più "customizzato" e, in produzioni di alta qualità come quelle che caratterizzano il *Made in Italy*, la competizione si sposta principalmente sul *time-to-market*.

Anche quando la qualità è ancora assicurata solo dal "fatto a mano", dove quindi non è possibile realizzare questo salto tecnologico nei processi produttivi, il digitale, laddove venga applicato, riesce a migliorare il processo di produzione e vendita rafforzando la presenza all'estero dell'impresa che l'ha adottato. In questo caso, le imprese partecipanti al Focus Group hanno individuato come nuove tecnologie risultano abilitanti a questo scopo: l'introduzione dei gestionali per l'organizzazione dei clienti/fornitori (che aumentano in numerosità), l'uso dei canali di vendita digitali, con tutte le varianti del caso¹², e la partecipazione alle fiere in modo ibrido, unendo la tradizionale presentazione di prodotti fisici

10 Dai dati Istat (Imprese e ICT, del 2023 su 2022), considerando le piccole imprese (dimensione 10-49 addetti), se il 91,5 per cento utilizza almeno una misura di sicurezza ICT, la percentuale scende al 72,1 per cento considerando almeno tre misure, a 46,1 per cento considerandone almeno 5 e solo al 24 per cento se le misure sono sette.

11 Inoltre, la cybersecurity può coesistere a due livelli: uno interno all'impresa e uno relativo alle caratteristiche di cui deve essere dotato l'output prodotto.

12 Piattaforma dedicata ai clienti con possibilità di programmi di realtà virtuale.

con la possibilità di sperimentare realtà virtuali o digital twin degli stessi manufatti. In questi casi specifici analizzati, un più rapido ed efficace raggiungimento dei mercati esteri è quindi dovuto non solo e non tanto per l'utilizzo dell'e-commerce, sicuramente utile, ma anche per la possibilità di modificare i prodotti in base alle diverse culture ed esigenze particolari. Una possibilità che però, per essere applicata, ha necessità che tali sfumature e differenze siano conosciute, ovvero, sia presente a fianco della tecnologia una competenza umana, non digitale e complementare. Non è possibile, infatti, pensare alla customizzazione come conseguenza solo di diversi gusti del singolo individuo: spesso il dover modificare il proprio prodotto è una necessità richiesta dal particolare contesto in cui l'impresa decide di operare, alla cultura del paese, pena la propria irrilevanza o, peggio, un ritorno negativo dell'investimento.

La possibilità di produrre beni customizzati, in piccoli lotti, non ha però solo benefici in termini di flessibilità nella risposta al mercato: tecnologie come la manifattura additiva, se affiancate anche a soluzioni digitali per la progettazione 3D e all'introduzione di materiali con proprietà diverse, permettono di ripensare prodotti anche storici, migliorandone l'efficienza e l'efficacia. È questo quindi, ancora una volta, il passaggio fondamentale che distingue l'adozione del digitale come meramente sostitutivo di un processo analogico o, invece, come motore di cambiamento profondo: la possibilità di ridiscutere intere filiere, partendo dal prodotto finale e ripensando fornitori, processi e mercati di sbocco.

La stampa 3D, sul piano teorico, diviene quindi capace di rispondere a tre delle grandi sfide attuali: ridurre sprechi e input produttivi, soprattutto se scarsi; estendere o variare la propria rete di fornitori; trasformare i propri processi in chiave *green*¹³. In particolare, in alcuni casi ha reso più conveniente - anche in termini di costo - realizzare tutto il processo produttivo in Italia piuttosto che continuare a localizzarne all'estero una parte. In quest'ottica di beneficio indubbio sulla produttività di impresa, il saldo tra l'aumento della competitività a livello internazionale - con conseguente crescita delle quote di mercato - e il minor ricorso alla catena di fornitura internazionale non è quantificabile a priori e quindi non consente di definire il segno del possibile impatto della digitalizzazione (la stampa 3D) adottata sull'internazionalizzazione. Un aiuto viene dalla letteratura economica: infatti, un'analisi effettuata su uno specifico prodotto, le protesi acustiche, ha mostrato attraverso la tecnica del *difference-in-difference* e il metodo del controllo sintetico che l'utilizzo della stampa 3D, per la loro produzione, ha avuto un effetto positivo sul commercio internazionale degli stessi (Freund et al., World Bank Group, 2019)¹⁴.

13 Grazie all'utilizzo della stampa 3D una start-up costituita nel 2017 è riuscita, in meno di sei anni, a fare un salto dimensionale importante passando a PMI innovativa, in virtù delle tecnologie utilizzate unite allo sviluppo della ricerca interna che hanno comportato il suo passaggio da terzista a produttore finale del prodotto principale, a cui è seguita anche la diversificazione del proprio *output*.

14 Le possibilità offerte dalla stampa 3D non devono però far cadere nell'errore di considerare superate le barriere all'ingresso, laddove sussistano nella manifattura, quanto di poterne valutare una trasformazione - pur se parziale - da materiali a immateriali.

Box - L'efficientamento dei processi e la produttività

"Mentre i dati di progetto erano già condivisi, con Industria 4.0 sono diventati condivisi anche alcuni di quelli di processo. Questo ha permesso di migliorare sia la rapidità, sia i costi sia la certificazione. La parte migliore è quando lo stesso macchinario alimenta automaticamente i dati" (impresa produttrice di parti di velivoli ad uso civile e militare)

"Senza aver digitalizzato, l'azienda non avrebbe potuto reggere l'impatto della pandemia. Il cambiamento era stato deciso e attuato prima e il software ha fatto la differenza" (impresa produttrice di oggetti in ferro, in rame e altri metalli)

"L'e-commerce, grazie alla personalizzazione possibile sui portali e nella produzione, soprattutto nel lusso diviene info-commerce. Alla vendita si affianca una consulenza che aiuta il cliente a creare il proprio stile e a creare prodotti unici" (impresa del settore interior design)

"In certi settori lavorare in digitale è ormai prassi diffusa lungo tutta la filiera. Ma ci sono vari livelli di digitalizzazione. Oggi iniziano a diffondersi i digital twin, utili per prototipazione e test, con risparmi in termini di impatto ambientale e costi" (impresa del settore aeromobili e veicoli spaziali)

"Digitalizzare la filiera, aiutando in questo processo le PMI che la compongono, è un modo per rendere sempre più trasparente ed efficiente il processo, con un ritorno anche per l'impresa capofiliera, in termini di certificazione dei prodotti e tracciamento dei processi" (impresa del settore aeromobili e veicoli spaziali)

"L'industria 4.0 è strettamente connessa all'attività quotidiana del settore farmaceutico" (impresa del settore farmaceutico)

"Il digital twin del processo insieme all'automazione dell'impianto rende possibile prendere decisioni significative in tempo reale" (impresa del settore meccanica)

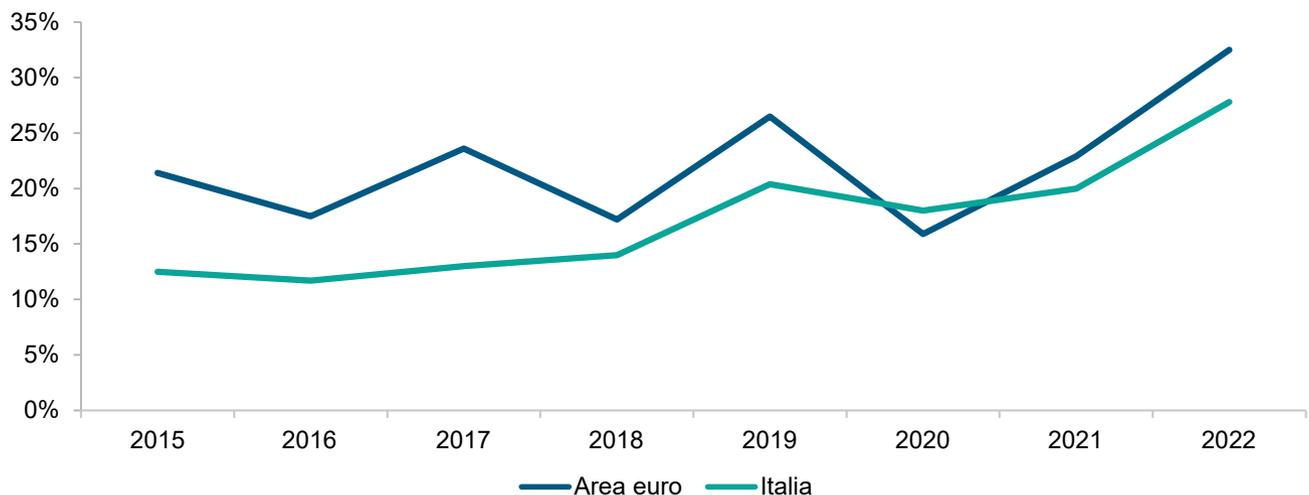
"Rendere i prodotti connessi aumenta la velocità di gestione dello sviluppo del prodotto stesso poiché in tempo reale c'è il tracciamento dei prodotti e questo permette di realizzare innovazioni di prodotto più velocemente" (impresa produttrice di macchine e attrezzature per l'industria).

Questa tipologia di trasformazione digitale è stata sperimentata anche nei settori tradizionali, tessile, abbigliamento e stampa, secondo quanto riportato dalle imprese del campione considerato appartenenti a questi settori, che dopo anni di immobilismo del livello di tecnologie utilizzate nella produzione, in un tempo molto breve, in alcuni casi pochi giorni, hanno dovuto rivoluzionare il proprio processo produttivo per far fronte ai problemi di approvvigionamento e di distanziamento forzato causati dalla diffusione della pandemia. I *lockdown* costretti dal Covid-19 hanno agito come

acceleratori dei cambiamenti digitali in atto, come anche sottolineato nel capitolo 2 di questo studio, colmando, in parte, il gap che caratterizzava le imprese e i lavoratori italiani sulla loro preparazione digitale¹⁵ (grafico 4.1).

In questo contesto di rapida trasformazione, il digitale è inoltre stato capace di stimolare la creazione di nuovi business laddove le imprese, per mancanza di competenze interne, non riescono a rispondere efficacemente al cambiamento. Ciò ha determinato la nascita di imprese di servizi dedicati, native digitali, per aiutare PMI e non solo ad attivare l'e-commerce, i pagamenti online o a modificare il proprio prodotto per rispondere alle nuove esigenze.

Grafico 4.1 - Percentuale di imprese con intensità digitale alta o molto alta, secondo il Digital Intensity Index⁽¹⁾



⁽¹⁾ La serie storica è stata creata utilizzando i valori della versione 1 del Digital Intensity Index (DII) di Eurostat per gli anni 2015-2019; versione 2 per l'anno 2020; versione 3 per il 2021; versione 4 per il 2022. Il DII è un indicatore composito, derivato dall'indagine sull'uso delle ICT e del commercio elettronico nelle imprese. Con ognuna delle 12 variabili incluse che hanno un punteggio di 1 punto, il DII distingue quattro livelli di intensità digitale per ogni impresa: il conteggio da 0 a 3 punti implica un livello molto basso di intensità digitale, da 4 a 6 - basso, da 7 a 9 - alto e da 10 a 12 punti - molto alto. La composizione del DII varia tra i diversi anni di indagine, a seconda delle domande incluse nell'indagine; pertanto, la comparabilità nel tempo può essere limitata.

Fonte: elaborazione su dati Eurostat.

Considerando invece un'altra accezione del *time-to-market* e prendendo in esame più da vicino il settore delle imprese fornitrici di apparecchi meccanici automatizzati - che rientrano nel primo comparto in Italia in termini di propensione all'export - un altro elemento che ne rafforza la presenza internazionale è la capacità del digitale, grazie all'intelligenza artificiale, di assicurare una sensibile riduzione dei tempi per il collaudo dei propri prodotti presso le imprese clienti. In questo caso il beneficio si riferisce sia all'attivazione e montaggio della macchina sia alla capacità di renderla più *user friendly*, cioè di semplificarne l'utilizzo da parte del cliente, riducendo anche i costi relativi al suo avvio. Questo avanzamento tecnologico ha un impatto diretto e proporzionale sul rafforzamento delle quote di mercato di questa

¹⁵ Da dati Eurostat è possibile rilevare come oltre il 32 per cento delle imprese italiane ed europee abbiano aumentato il numero delle persone connesse da remoto agli strumenti ICT dell'impresa; una percentuale simile (31,9%) ha dichiarato che questo è stato dovuto, del tutto o in parte, alla pandemia Covid-19; il 19 per cento delle imprese italiane, a causa della pandemia Covid-19, hanno iniziato o aumentato gli sforzi per vendere beni o servizi via internet (dati 2020).

tipologia di prodotto¹⁶, abilitandone anche - qualora il cliente acconsenta - la manutenzione a distanza e la raccolta dei dati di utilizzo. Una fattispecie per cui, anche in questo caso, è possibile fare riferimento ai benefici - o mancati benefici - della rete: l'aumento dei clienti che abilitano un collegamento con la casa produttrice ne permette l'aumento del valore aggiunto derivante dai servizi offerti, oltre alla sua possibilità di migliorare più velocemente i propri processi e i propri prodotti - grazie alla raccolta e utilizzo dei dati ricevuti - e ridurre i costi derivanti dall'invio di tecnici per manutenzione o riparazione.

A tale scopo acquistano valore e casi d'uso anche i visori per la realtà aumentata¹⁷, capaci di arricchire con informazioni digitali la realtà osservata dall'utente: potrebbero essere utilizzati direttamente dai clienti per operare piccole manutenzioni o cambiamenti sulla propria macchina, venendo guidati a distanza dal produttore del bene; possono essere impiegati nella progettazione di prototipi; possono trovare applicazione nella formazione del personale, nel collaudo degli impianti o nell'autoverifica dei processi che l'operatore sta effettuando. Tutti aspetti che potrebbero facilitare anche i servizi a distanza, favorendo la copertura di più clienti, anche lontani, con minori risorse. Più difficili ancora da definire sono i concreti e attuali impieghi della realtà virtuale nel settore industriale, nonostante le potenzialità discusse in letteratura e sperimentate in casi aziendali (Ambrosio & Fidalgo, 2020; Ayani et al., 2018; Slater & Sanchez-Vives, 2016). Visto un minore utilizzo su scala diffusa, risulta anche più complicato coglierne le implicazioni per l'internazionalizzazione o le criticità che potrebbero emergere.

Infine, il connubio intelligenza artificiale e *Internet of Thing* (IoT), applicato al settore della lavorazione delle pietre dure, ha apportato un enorme miglioramento in termini di competitività delle imprese che lo hanno applicato, attraverso il contenimento dei loro costi di produzione. Infatti, le imprese che hanno adottato questo approccio *data driven*¹⁸ sono state in grado di gestire in tempo reale listini dinamici proprio grazie all'analisi dei costi, efficientando i processi con una consapevolezza diversa, quella dei dati, il vero spirito della manifattura 4.0. Questo efficientamento energetico e di costo ha consentito di contenere la congiuntura dei costi energetici, particolarmente sfavorevole per le imprese italiane in genere e - a maggior ragione - per quelle energivore come quelle della lavorazione delle pietre, mantenendo e, in alcuni casi, rafforzando la loro competitività a livello internazionale.

16 Un'impresa manifatturiera intervistata (che studia, progetta e realizza macchine e moduli per l'automazione dei processi di montaggio), ha ridotto il costo della messa in funzione all'estero dei suoi prodotti dal 18 per cento al 3-4 per cento, grazie ai miglioramenti derivanti dall'intelligenza artificiale, e questo gli ha permesso di rafforzare la sua presenza all'estero. Attualmente ha una propensione all'estero pari all'85 per cento del fatturato e ha aumentato del 7 per cento la produzione.

17 In generale qualsiasi *device* che permetta la realtà aumentata.

18 Tale processo ha comportato un'analisi dei dati delle macchine 4.0 (e non, purché connesse) in tempo reale; ottimizzare le routine di lavorazione in base ai consumi elettrici e idrici attraverso l'utilizzo dell'intelligenza artificiale (AI), in modo da accendere gli impianti nelle fasce orarie in cui l'energia costa meno o quando viene prodotta da pannelli fotovoltaici; infine, monitorare attraverso specifici sensori IoT tutte le altre inefficienze, come le perdite di aria compressa.

BOX - Il Metaverso

Il settore dei visori per la realtà virtuale e in generale i dispositivi *wearable*¹⁹ sono sempre più associati all'idea di una prossima realizzazione del Metaverso, ovvero *"una rete di massima scalabilità e interoperabile di mondi virtuali 3D, renderizzati (creato e aggiornato) in tempo reale e che possono essere vissuti in modo sincrono e persistente da un numero effettivamente illimitato di utenti, con un senso individuale di presenza al loro interno e che garantiscono la continuità dei dati relativi all'identità, alla storia, ai diritti, agli oggetti, alle comunicazioni avvenute e ai pagamenti effettuati"* secondo la definizione di Mathew Ball (2022), che risulta tra le più complete. Un insieme di caratteristiche che possono essere schematizzate nella necessità per il Metaverso, per esser definito tale, di essere: *uno, immersivo, interoperabile, persistente, sincrono, renderizzato in tempo reale, accessibile, decentralizzato*.

Ne deriva che attualmente non esiste ancora e non è scontato che si realizzerà: l'attuale confusione deriva in gran parte dal voler utilizzare questo termine per descrivere fattispecie già presenti, principalmente realtà virtuali spesso poco utilizzate e mal *renderizzate*. Un suo eventuale sviluppo e implementazione richiederà infatti una potenza di calcolo, una capacità di archiviazione dati e servizi live in quantità e qualità che non hanno precedenti. Questo vuol dire che, prima di tutto, l'adozione passerà dalla manifattura, ovvero dai produttori di hardware, che dovranno essere non solo abbastanza avanzati, ma anche economicamente accessibili per il consumatore medio. L'elemento fisico inoltre non influirà solo su ciò che il Metaverso potrà offrire e su quanto ci vorrà per realizzarlo, ma anche sul modo in cui funzionerà e, sotto l'aspetto strategico, su come ogni impresa coinvolta potrà riservarsi un ruolo quanto più centrale all'interno del suo mercato economico.

Allo stesso modo, non è scontato il ruolo che potrà avere il c.d. web3, ovvero se potrà essere un elemento dirimente soprattutto per garantire il rispetto della proprietà degli asset, anche in un contesto decentralizzato o nel passaggio da un ambiente centralizzato all'altro (ambienti che potrebbero sussistere come le attuali piattaforme social all'interno di internet). Per creare quindi questo *"ambiente virtuale che fonde fisico e digitale, facilitato dalla convergenza tra le tecnologie di Internet e del Web e la Realtà Estesa (RX)"*, secondo L.-H. Lee et al. (2021) lo sviluppo del Metaverso dovrà passare attraverso tre fasi sequenziali: la creazione di mondi digitali gemelli di quello fisico; la creazione di mondi nativi digitali e infine la coesistenza di realtà fisica-virtuale o "surrealtà". Seguendo tale ragionamento, è possibile trovare in letteratura studi per migliorare l'interfaccia tra mondo fisico e virtuale, che operano sull'architettura del solo mondo virtuale e altri che si dedicano invece all'impatto dell'accoppiamento sul mondo fisico e sugli individui. Sempre secondo gli stessi autori, ci sono otto tecnologie abilitanti per il Metaverso: *Edge/Cloud computing, Artificial Intelligence, Computer vision, Blockchain, IoT and Robotics, User interactivity, Extended reality, Network*.

Attualmente quindi, in ogni caso, i gap attuali delle imprese e dei cittadini italiani non ne permetterebbero uno pieno e fruttuoso utilizzo e i rischi potrebbero essere maggiori dei benefici. Per compiere il passaggio verso la virtualizzazione della realtà, esclusiva, parallela o sovrapposta, sarebbe prima necessario completare la transizione digitale, non tralasciandone gli aspetti di sicurezza e di competenze. Di contro, governi, regolatori e organismi sovranazionali dovrebbero muoversi già adesso per comprenderne le caratteristiche potenziali e i rischi sociali, economici e per gli individui, non tanto in una logica preventivamente punitiva ma per monitorarne lo sviluppo e impedirne degenerazioni o monopoli.

¹⁹ Oggetti intelligenti indossabili con cui possiamo interagire in un qualsiasi momento della giornata.

4.1.3 Digitalizzazione, investimenti diretti esteri e gestione della catena di fornitura

Dal confronto con le imprese è emerso come la digitalizzazione possa facilitare anche l'espansione all'estero "diretta", attraverso costituzione di filiali e/o associate, contribuendo a un migliore e più rapido coordinamento tra *headquarter* e sedi distaccate e grazie alla possibilità di replicare esattamente l'impianto del paese di origine, nonché alla possibilità di attuare in tempo reale i controlli di tutti gli stadi del processo. Oltre a tali benefici diretti, è opportuno sottolineare l'effetto indiretto che questo ha sui costi logistici: l'apertura di nuove sedi e lo spostamento della produzione nel luogo della domanda potrebbe facilitare enormemente l'efficienza produttiva anche in termini di gestione di tali costi, rilevanti per le imprese italiane²⁰. Inoltre, la presenza all'estero di impianti produttivi aumenta anche la possibilità di far conoscere le diverse tipologie dei propri prodotti, non solo quelli realizzati in loco, contribuendo ad aumentare la diffusione all'estero del proprio *output*. Un beneficio che potrebbe incontrare un limite nella potenziale perdita del marchio *Made in Italy*, che assicura un valore aggiunto non trascurabile alla produzione in alcuni comparti del nostro manifatturiero, se completamente italiano, e che l'efficientamento dei costi sopracitato potrebbe non bastare a compensare.

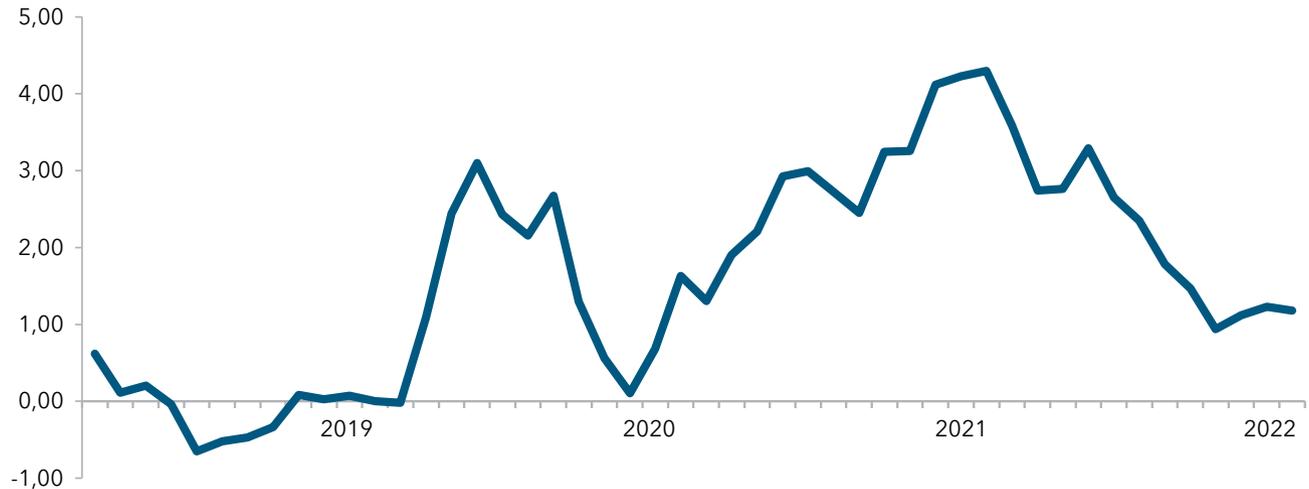
Dai Focus Group è emerso inoltre che gli strumenti digitali a disposizione delle imprese durante il *lockdown* da pandemia hanno reso possibile - cosa prima impensabile - anche operazioni di equity e aumenti di capitale con controparti estere, contrattate solamente a distanza e tramite esclusivamente la comunicazione digitale. Questo ha avuto un impatto diretto e immediato nel grado di esposizione all'estero dell'impresa italiana diventata partner di realtà globali.

Un ulteriore ruolo della digitalizzazione dei processi produttivi è legato al maggior controllo della catena di fornitura, al fine di prevenire possibili interruzioni, come quelle sperimentate nella seconda metà del 2021, ben rappresentato dall'indice globale di pressione sulle catene di approvvigionamento (grafico 4.2). Tale esigenza è emersa nei Focus Group in modo talvolta diretto e talvolta indiretto, a seconda che fosse un'esperienza vissuta in questi ultimi anni o un problema attuale cui si vorrebbe trovare soluzione. In entrambi i casi sono emerse le potenzialità del digitale sia per la sostituzione di fornitori capaci di assicurare grandi lotti e a minor costo unitario, ma ritenuti oggi meno affidabili, sia per rafforzare la connessione digitale con la propria catena di fornitura in modo da rendere, anche, più rapida e tempestiva la risposta alle criticità. Parallelamente, in particolare da parte di coloro il cui prodotto è "aumentato", nel senso che è connesso e intelligente, è stato confermato l'attuale *shortage* di chip e componenti elettronici, ricordando l'interdipendenza tra disponibilità e sviluppo dell'hardware e del software necessari alla digitalizzazione.

20 Secondo il [World Bank Logistics Performance Index \(LPI\)](#), l'Italia nel 2018 si è posizionata al 19° posto a livello mondiale (3,74, scala da 1 a 5), sopra la media OCSE (3,58) e dell'area euro (3,53), ma inferiore, ad esempio, a Germania (4,2), Francia (3,84), Stati Uniti (3,89) e Spagna (3,83). Il Logistics Performance Index (LPI) è un indicatore che valuta la logistica di un paese in base all'efficienza del processo di sdoganamento, alla qualità delle infrastrutture commerciali e di trasporto, alla facilità di organizzare spedizioni a prezzi competitivi, alla qualità dei servizi logistici, alla capacità di tracciare e rintracciare le spedizioni e alla frequenza con cui le spedizioni raggiungono il destinatario entro il tempo previsto.

Tali evidenze, unite alla necessità condivisa da tutte le imprese di contenere la dilagante incertezza che ha contraddistinto e continua a permeare questi ultimi anni - dalla diffusione del Covid-19 all'invasione russa dell'Ucraina - contribuiranno ulteriormente alla diffusione delle tecnologie digitali anche in un'ottica di maggior controllo della Global Value Chain.

Grafico 4.2 - Indice globale di pressione sulla catena di approvvigionamento (1)



(1) L'indice è una misura pluridimensionale della pressione globale sulle catene di approvvigionamento, considerando congiuntamente: il Baltic dry index, rappresentativo del costo di trasporto e noli marittimi delle materie prime secche, l'indice Harpex, che guarda ai tassi di spedizione dei container, il costo del trasporto aereo lungo una serie di rotte, unito anche agli indicatori qualitativi dei PMI (Purchasing Managers' Indices) per le principali economie globali. Si veda, Benigno, G., J di Giovanni, J Groen e A. I. Noble, "A new barometer of global supply chain pressures" Federal Reserve Bank of New York.

Fonte: elaborazione su dati Federal Reserve.

Box - Il supporto all'internazionalizzazione

“La nostra digitalizzazione si è mossa da due lati: uno interno, per rafforzare la nostra efficienza, e uno esterno, per migliorare il supporto ai nostri clienti” (impresa del settore meccanica)

“Con la digitalizzazione è stato possibile ridurre di oltre due terzi le ore lavorate per l'avviamento di un impianto presso il cliente. Questo ha favorito molto l'internazionalizzazione” (impresa del settore robot industriali)

“La digitalizzazione permette non solo di offrire nuovi servizi a clienti già acquisiti, ma anche di ampliare il proprio modello di business ed entrare in nuovi mercati, prima preclusi” (impresa del settore refrigerazione)

“L'inserimento di sensori all'interno dell'impianto velocizza la gestione degli impianti, che sono sparsi per tutto il mondo, potendo dare quasi in tempo reale indicazioni su come intervenire” (impresa del settore meccanica)

“L'e-commerce non è solo e soltanto tecnologia, ma anche capacità di gestione del magazzino. Ci vuole interconnessione tra produzione, vendita e logistica” (impresa produttrice di parti intercambiabili per macchine utensili)

“Nel nostro futuro la digitalizzazione ci consentirà di installare la nostra capacità produttiva presso i nostri clienti principali mantenendo il cervello *in house*” (impresa del settore meccanica)

“Chi aveva sviluppato prima dello shock da Covid-19 la digitalizzazione della sua supply chain, rendendo snello lo scambio del dato, ha reagito meglio all'incertezza che ha caratterizzato questi ultimi anni, allo stesso modo chi ha inserito un buon grado di automazione nei processi ha reso più agevoli gli scambi, realizzando anche un vantaggio competitivo” (impresa produttrice di macchine e attrezzature per l'industria)..

4.1.4 Digitalizzazione e sostenibilità

Digitalizzazione e sostenibilità sono riconosciuti come i due più rilevanti driver di trasformazione attuali e del prossimo futuro, capaci di incidere non solo sui processi produttivi e sulle scelte di investimento delle singole imprese, ma anche di coinvolgere tutta la filiera e diventare elementi determinanti per farne parte in modo profittevole.

Per questo e per rispondere alla rapidità del mercato alcune delle imprese intervistate stanno cambiando, con l'ausilio della manifattura 4.0, anche la modalità di progettazione delle macchine: nascono per essere riutilizzate e per questo vengono costruite quanto più possibile modulari. Una caratteristica che è sempre più applicata anche nelle linee produttive, smontabili e riconvertibili per avere quante più configurazioni possibili senza ricorso a interventi straordinari.

Inoltre, la digitalizzazione cambia, o amplia, i modelli di business: nel settore dell'automazione dei sistemi di

montaggio sono applicate anche le soluzioni *pay-per-use*²¹. Quanto emerso nei Focus Group appare in linea con quanto affermato dalla letteratura sul tema (Kohtamäki et al., 2020; Sjödin et al., 2021), in cui si rileva un passaggio dal mero acquisto alla “servitizzazione” dei prodotti, consentendo di arricchire l’offerta tradizionale con una serie di soluzioni innovative per il cliente - come il monitoraggio a distanza dei prodotti dopo la vendita, la manutenzione predittiva e l’assistenza in remoto - ne aumentano il potenziale valore aggiunto e spingono sempre di più in una dimensione ibrida virtuale-reale e che sarà ancora più *onlife* (Floridi, 2015). Inoltre, il digitale permette anche la profilazione dei clienti e - un domani, con blockchain o NFT collegati al manufatto - anche di seguire il prodotto nella sua vita post-produzione. In particolare, la terziarizzazione digitale offre alle PMI industriali l’opportunità di trascendere la loro “località” e di espandere la loro presenza internazionale attraverso funzioni di assistenza online e servizi digitali avanzati. Ad esempio, i servizi di monitoraggio da remoto e di manutenzione preventiva offrono alle PMI l’opportunità di assistere i clienti a livello globale e di generare nuovi flussi di ricavi da servizi (Tronvoll et al., 2020). Servizi che possono essere più o meno “aumentati”, rispetto al grado di trasformazione digitale dell’azienda (Paschou et al., 2018), alla complessità del prodotto principale e alla dimensione dei lotti di produzione o alla quota di vendite provenienti dalle esportazioni (Lerch & Gotsch, 2015). Prodotti “aumentati” e nuovi servizi che rispondono anche al crescente interesse da parte del mercato e del sistema finanziario per i temi ESG (*Environmental, Social, Governance*). Un’attenzione che impone investimenti e interventi di adeguamento per le imprese italiane, necessari a tutelare il valore del *Made in Italy*, e che possono beneficiare del contributo che il digitale può assicurare in termini di efficientamento energetico, produttivo e di cambiamento degli stili di vita e consumo più impattanti sull’ambiente.

Digitalizzazione e transizione ecologica si muovono insieme, come è emerso anche nel paragrafo 4.1.2. Lo scambio di dati tra le imprese diviene determinante per la certificazione reciproca di sostenibilità lungo la *supply chain* e ciò apre alla possibilità di individuare anche figure terze, in comune, per gestire efficacemente questo scambio, una sorta di *fractional manager* per la sostenibilità. Allo stesso modo, una standardizzazione dello scambio e della messa in comune di dati, realizzato attraverso piattaforme digitali, potrebbe permettere un alleggerimento della burocrazia tra imprese e quindi dei costi transattivi, agevolando lo scambio oltre i confini e quindi influenzando positivamente gli scambi internazionali di prodotti. Rimane da indagare quanto sia diffusa questa consapevolezza anche tra le imprese di minori dimensioni e quanto siano adeguate le competenze del loro capitale umano, necessarie per poter efficacemente governare la creazione, l’utilizzo e lo scambio di dati, così come la dotazione informatica e infrastrutturale a supporto. Per sfruttare queste opportunità, è necessario che la digitalizzazione dei rapporti di filiera si accompagni a un adeguato livello di *cybersecurity* e di conoscenza e utilizzo della proprietà intellettuale. Strumenti come GaiaX saranno fondamentali per traghettare il tessuto imprenditoriale italiano verso un nuovo approccio ai dati.

Le due transizioni, quella digitale e quella ecologica, coinvolgono quindi tutta la filiera, con un concatenarsi di richieste ai fornitori di livelli di sostenibilità e digitalizzazione sempre più elevati. Anche le imprese più piccole sono coinvolte in questo processo e per esse il capofiliera può svolgere un ruolo di traino e di acceleratore dei processi di trasformazione, attraverso attività di stimolo e di accompagnamento. Esistono già, ad opera di capofiliera nazionali²²,

21 Così come sta avvenendo con la *smart mobility*.

22 Leonardo ha mappato i suoi primi 50 fornitori, *digital supply chain*, non solo per rafforzare la sua conoscenza della catena di produzione fuori dal suo stabilimento produttivo ma anche per capire il grado di maturità digitale dei suoi fornitori cercando di migliorare le loro performance, applicando una strategia *win-win*.

iniziative di *assessment* del livello di digitalizzazione dei fornitori (si veda il paragrafo 4.4), *coaching* manageriale e operazioni di supporto emergenziale in risposta agli shock, come durante i recenti *lockdown*. Più in generale, emerge la necessità di aumentare il grado di coordinamento lungo le filiere, dando l'implicito compito ai fornitori più strategici (e strutturati) di divenire gestori di subsistemi, promuovendo anche aggregazioni di realtà più piccole, per salvaguardarne la capacità artigiana affiancandola però a una evoluzione organizzativa e finanziaria. Un processo che, ad esempio, sta avvenendo nel comparto dell'abbigliamento di lusso, dove tante PMI stanno cercando di costituire pochi grandi gruppi. In tal senso, la digitalizzazione della *supply chain* può divenire "contagiosa", ovvero propagarsi da un'impresa leader a tutta la sua catena di fornitura, anche in modo indiretto ed esponenziale.

4.2. Sintesi dei risultati

I processi di digitalizzazione adottati dalle imprese intervistate presentano sia direttamente che indirettamente degli impatti positivi sul loro processo di internazionalizzazione, aumentandone, quindi, il grado di esposizione all'estero. I miglioramenti sul processo produttivo derivanti dall'adozione di tecnologie digitali - dove è possibile tecnicamente sia per le innovazioni raggiunte sia per la specificità del settore - sono riassumibili in (per i dettagli si veda la tavola 4.1):

- a. aumento della competitività, via miglioramento della produttività di impresa;
- b. cambiamento profondo dell'organizzazione dell'impresa, anche per la diversificazione dei prodotti/dei fornitori e per la servitizzazione dei prodotti;
- c. maggiore controllo dei processi, grazie al modello *data driven*;
- d. aumento della resilienza, in virtù di una codificazione del processo produttivo e alla possibilità di operare anche a distanza (tra persone o dal sito produttivo, se momentaneamente inagibile);
- e. tracciabilità e sicurezza, che agevolano gli scambi dentro e fuori la filiera soprattutto in presenza di prodotti da certificare.

Tutti i principali canali di trasmissione attivati dai processi digitali implementati non hanno soltanto impatto sull'attività imprenditoriale ma si ripercuotono positivamente anche sulla sua presenza all'estero, rafforzandola via migliore performance. Inoltre, ci sono anche elementi scaturenti dalle tecnologie digitali attuate che producono effetti diretti sull'internazionalizzazione dell'impresa (per i dettagli si veda la tavola 4.3):

- a. aumentata connessione, facilita i rapporti distanti in genere ma soprattutto quelli fuori dai confini nazionali, ad esempio per gestire la catena di fornitura;
- b. miglioramento dei processi di vendita attraverso una maggiore conoscenza del prodotto e la riduzione dei processi intermedi;
- c. customizzazione dei prodotti, attraverso tecnologie di produzione che consentono di produrre *output tailor made* in un tempo più ridotto e grazie alla profilazione dei clienti o alla raccolta dei loro desiderata;
- d. riduzione del *time-to-market* e velocizzazione del processo di produzione;

e. servitizzazione dei prodotti che ne aumentano sia il valore aggiunto, in quanto si arricchisce di servizi connessi, che permettono sia di apportare miglioramenti al business model dell'impresa sia di variarlo anche in modo rilevante.

Accanto a questi elementi positivi vi sono anche dei limiti, derivanti sia dall'effettiva implementazione delle tecniche digitali sia dal pieno dispiegamento del potenziale positivo sull'internazionalizzazione (per i dettagli si vedano le tavole 4.2 e 4.4). I principali ostacoli alla diffusione della digitalizzazione nelle imprese e, di conseguenza, al completo dispiegamento dei suoi effetti positivi sull'internazionalizzazione presentano molti punti in comune:

- a. mancanza di competenze, a vari livelli dell'organizzazione (manageriali; nella produzione; nelle aree di staff e supporto), e difficoltà a reperirle sul mercato;
- b. maggiore difficoltà a introdurre soluzioni digitali in processi o settori non digitalizzabili, ad esempio perché il "fatto a mano" è un elemento imprescindibile o la tecnologia non è ancora in grado di restituire un *output* di qualità adeguata;
- c. ostilità di clienti/fornitori a introdurre tecnologie digitali per rendere più connessi i processi o "aumentati" i prodotti;
- d. limiti - reali o percepiti - alla sicurezza dei propri dati, nel caso di ricorso al *cloud*, o al controllo del proprio processo, affidando a terzi l'implementazione di intelligenze artificiali che "nascondono" poi all'operatore non adeguatamente formato le fasi trasformative del processo digitalizzato.

Box - Gli ostacoli alla digitalizzazione

"Spesso però i nostri clienti non ci permettono di appoggiarci alle loro reti per questi servizi, nonostante tutte le assicurazioni e garanzie sui trattamenti dei dati e della sicurezza informatica. Ci siamo quindi organizzati con sim 7 linee telefoniche dedicate" (impresa del settore meccanica)

" Il problema di avere tutto in automatico è che si perde la comprensione di dove sia il problema e di come risolverlo e del livello di gravità del problema." (impresa produttrice di parti di velivoli ad uso civile e militare)

"Noi siamo strenui oppositori del *cloud*, soprattutto per quanto concerne il *core business* della nostra impresa, per mille ragioni: la prima riguarda il costo estremamente elevato, l'altra è la standardizzazione dei processi, per comodità dei nostri fornitori il prodotto va adattato alle loro necessità, e infine la completa perdita della gestione dei dati, non si sa dove avverrà lo *storage*" (impresa del settore automobili e veicoli spaziali)

"L'Intelligenza artificiale ha una caratteristica di base, si conoscono gli input ma non gli *output*, non c'è una causa e un effetto sempre riproducibile. Le macchine diventano imprevedibili, ma devono essere controllabili" (impresa produttrice di macchine automatiche).

Tavola 4.1

Benefici della digitalizzazione				
Competitività	Cambiamento	Controllo processi	Resilienza	Tracciabilità e sicurezza
Riduzione costi di archiviazione	Ripensare prodotti anche storici	Controllo nel tempo delle performance aziendali	Migliore governance durante gli shock	Migliore rendicontazione e tracciabilità
Riduzione degli sprechi di materiale	Diversificare i propri clienti e/o i propri prodotti	Raccolta dati dai prodotti, se «aumentati», anche post vendita	Codificazione della conoscenza in azienda (da gestione soggettiva a una oggettiva)	Sicurezza nelle produzioni, in particolare quelle da certificare
Riduzione del consumo dei materiali (materie prime / semilavorati)	Utilizzare nuovi materiali, anche riciclati	Attivazione e manutenzione da remoto	Migliore gestione della complessità	La digitalizzazione della supply chain è contagiosa
Risparmio dovuto a efficientamento reinvestito in qualità e scelta fornitori locali	Cambio modello business: pay per use non solo vendita	Semplificazione dell'interfaccia uomo/macchina	Soluzioni digitali ottimali a basso costo anche per le PMI	
Più prodotto in meno tempo/ riduzione dei costi	Economia circolare per la produzione di nuovi prodotti partendo da quelli già esistenti	Manutenzione predittiva da remoto		
Efficientamento energetico	Imprese con meno dipendenti possono seguire più cose grazie all'attività in remoto	Connessione completa tra amministrativo, produzione e logistica		
Riduzione degli errori	Deep learning consente aumento della qualità del servizio	Eliminazione dei processi intermedi: dalla progettazione alla produzione		
Il cloud migliora l'efficienza facilitando la condivisione della conoscenza	Riduzione dei tempi per le innovazioni	Controllo da remoto del processo produttivo		
Riduzione delle emissioni di CO2	Servitizzazione della manifattura: «prodotti aumentati»			

Tavola 4.2

Ostacoli alla digitalizzazione			
Competenze	Costi	Processi non digitalizzabili o difficili da digitalizzare	Mancato effetto rete
Competenze dei lavoratori	Costi iniziali da riassorbire	Produzioni ad alto valore aggiunto in cui l'uomo non può essere sostituito	Mancanza di connessione tra le imprese (nella filiera o in generale)
Età della forza lavoro	Per le piccole imprese costi elevati per introdurre manager e specialisti digitalizzazione	Mancanza di controllo dei processi produttivi, logistici e gestionali	Impossibilità di interoperabilità dei dati
Shortage di competenze umane	Aumento del costo del personale nella fase di attivazione	AI: aumento della imprevedibilità (input certo - output incerto)	Piccole imprese più in difficoltà nella trasformazione digitale
Gap di conoscenza soprattutto nelle piccole aziende	Shortage di input necessari alla digitalizzazione	Mancanza di benefici per digitalizzazione non completa (semplice sostituzione)	Clienti contrari alla connessione
Consapevolezza del cambiamento e gradualità dell'attivazione digitale	Costo-opportunità dell'implementazione inversamente proporzionale alla dimensione di impresa	Progettazione non user friendly	
Mancanza di competenza per l'uso completo dei nuovi strumenti	Costi per la formazione possono avere incidenza rilevante per le piccole imprese	Non conoscenza profonda del processo che si vuole digitalizzare	
Mismatch tra domanda e offerta di competenze digitali			
Elevato turnover			

Tavola 4.3

Elementi della digitalizzazione favorevoli all'internazionalizzazione				
Aumentata connessione	Miglioramento gestione processo vendita	Customizzazione e flessibilità	Time to market	Servitizzazione dei prodotti
Diversificazione dei fornitori per aumentare la resilienza	Più semplice gestione ordini, adeguamento linee produttive	Incremento customizzazione proporzionale alla possibilità di raggiungere mercati diversi	Possibilità di allargare o ridurre la produzione in modo rapido	Digital twin (es. in fiere ibride o showroom)
Diversificazione dei propri clienti	Recupero tempi di trasporto	Maggiore customizzazione: più rapida, meno costosa	Velocizzazione del processo	Blockchain e NFT possono "arricchire" il bene di elementi virtuali
Facilita acquisizioni/fusioni	Più semplice gestione dell'intero percorso dall'ordine alla vendita	Aumento della flessibilità delle linee e delle macchine di produzione		
Attivazione e manutenzione da remoto, aumento clienti potenziali	Tecniche digitali che facilitano l'affermarsi all'estero			
Costituzione di unità produttive all'estero per far fronte alla domanda crescente				

Tavola 4.4

Elementi di difficoltà all'espressione del massimo potenziale per l'internazionalizzazione			
Mancanza adeguate competenze tecniche	Mancanza interoperabilità dati a monte/valle della catena internazionale del valore	Crescono le opportunità ma anche le minacce	Particolarità dell'industria/ prodotto
Mancanza di adeguati standard di cybersecurity, che possono precludere alcuni mercati	Dati clienti / fornitori non utilizzabili per mancata digitalizzazione dei partner	Competizione mondiale più accesa: possono ridursi quote di mercato	Effetto made-in
L'accesso a rete globale è solo il primo step per conquista mercato estero, i successivi riguardano la conoscenza delle differenze di tecnologie di rete e del fattore umano	La manutenzione a distanza non è sempre accettata	Local for local per ridurre l'incertezza	Settore particolarmente rigido (es. difesa)
Mancanza di conoscenza delle diverse culture	Criticità dell'accesso da remoto e scambio dati per motivi tecnici		
Ripensamento dei propri prodotti, soprattutto se complessi, per facilitare trasporto e installazione / rimontaggio in loco dei prodotti, senza difficoltà			

4.3 Le tecnologie digitali per l'internazionalizzazione

Al fine di rappresentare graficamente quali sono le tecnologie digitali implementate dalle imprese appartenenti al campione che hanno avuto un impatto positivo e rilevante sull'internazionalizzazione dell'impresa, è stato realizzato un grafo²³ (grafico 4.3). In linea con quanto emerso durante i Focus Group e con gli obiettivi di questa ricerca, sono state considerate solo le tecnologie presenti e utilizzate con successo per i processi di internazionalizzazione delle imprese intervistate. Due fattori sono identificativi del maggiore impatto della tecnologia utilizzata: l'ampiezza del nodo e la numerosità/lo spessore delle linee (archi) di collegamento. L'ampiezza dei nodi rappresenta la maggiore frequenza di utilizzo - con successo, a questi fini - della soluzione digitale implementata. Lo spessore delle linee di collegamento tra le diverse tecnologie digitali (le rette) è indicativo di soluzioni digitali presenti nella stessa azienda.

È inoltre necessario ricordare come il campione fosse composto da imprese manifatturiere (la maggior parte) e di servizi, per cui non tutte le tecnologie potevano essere potenzialmente applicate in ogni impresa. Questa caratteristica ha contribuito alla minore ampiezza dei vertici relativi alla stampa 3D, così come quelli relativi alla presenza di robot o di macchinari connessi. È inoltre interessante notare che anche le soluzioni con minore frequenza abbiano però connessioni con molte altre tecnologie digitali. Un'evidenza che avvalorata, come anticipato in altre parti di questo capitolo, la presenza sia di una interdipendenza delle tecnologie sia di una loro gerarchia.

Nell'ottica della definizione della scala gerarchica delle tecnologie digitali adottate si può constatare l'ampiezza dei due nodi centrali relativi alla raccolta, elaborazione e analisi dei dati, così come agli strumenti di ERP (Enterprise Resource Planning) e CRM (Customer Relationship Management) che sono tecnologie digitali fondamentali indipendentemente dal settore di appartenenza dell'impresa, trasversalità nell'utilizzo, e dall'evoluzione digitale raggiunta dall'impresa. La loro centralità nelle strategie digitali attuate dalle diverse imprese lo dimostra. Questi risultati si allineano anche con quanto è stato rilevato dall'analisi Istat²⁴ sull'evoluzione digitale delle imprese italiane (si veda il capitolo 3), tra le quali la percentuale di imprese con almeno un dispositivo intelligente (32,3%) è molto maggiore di quella di chi usa l'intelligenza artificiale (6%) o i robot (8,7 per cento, dato 2022), mentre è in linea (32%) per l'uso di ERP. Inoltre, dalla stessa analisi Istat, emerge come, nel caso delle grandi imprese, sia maggiormente diffusa una combinazione di tecnologie, tra quelle rilevate, che conta: connessione a Internet, *cloud* (cc, CC), software gestionali (ERP, CRM), uso dei social media (SM, 2SM) e dei *device* intelligenti (IoT); leggermente inferiore quelle che utilizzando anche strumenti di intelligenza artificiale²⁵.

23 Si intende una rappresentazione grafica data da un insieme di nodi o vertici (l'incontro di più linee) collegati tra loro da linee. Partendo da una matrice di adiacenza, formata dalla frequenza di utilizzo di ciascuna tecnologia digitale che ha impatto sull'internazionalizzazione dell'impresa, i cui valori delle celle rappresentano le co-occorrenze, ovvero il numero delle volte in cui due termini sono compresenti nello stesso singolo questionario, in questo caso si è considerata almeno una volta si è creato il grafico 3. Per maggiori dettagli si veda la nota metodologica.

24 Istat, ICT nelle imprese, 2022 (su 2021); Legenda Istat: ERP= Imprese che utilizzano ERP; IoT = Imprese che utilizzano almeno 1 IoT; SM= Imprese che hanno almeno 1 social media; CRM= Imprese che utilizzano CRM; CC= Imprese che acquistano servizi cloud di livello intermedio o sofisticato; cc Imprese che acquistano servizi cloud computing; 2SM Imprese che utilizzano almeno 2 social media.

25 Il collegamento che emerge tra questi due database, sebbene ci sia una diversa distribuzione nella classe dimensionale delle imprese del campione (oltre ad una diversa numerosità), mostra, indirettamente, l'elevata maturità digitale delle imprese che hanno partecipato ai nostri Focus Group.

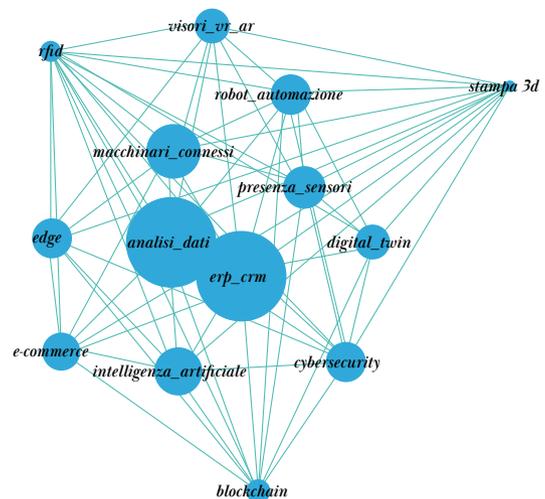
Riguardo invece al nodo relativo all'e-commerce, la differenza di ampiezza è in linea con la scarsa propensione delle imprese italiane alla vendita online²⁶, oltre che da imputarsi ai criteri stringenti che sono stati utilizzati per valutare le risposte alle relative domande. L'obiettivo è stato infatti di selezionare, anche in questo caso, le trasformazioni digitali più profonde e non fermarsi alla sola presenza di un sito web o di un portale di e-commerce²⁷. Elementi, questi, che nel corso dei Focus Group sono stati individuati come non pienamente efficaci o distintivi se non accompagnati con adeguata conoscenza del mercato e dei consumatori di riferimento - soprattutto nel caso di imprese B2C - o adeguato collegamento con i gestionali dell'impresa e/o dei fornitori - se B2B - e che quindi richiedevano nella costruzione del grafo una maggiore soglia di inserimento.

In generale si può affermare che, dall'analisi sintetica dei Focus Group condotti, emerge che l'analisi dei dati e l'utilizzo dei diversi gestionali, indipendentemente dal grado della loro implementazione, ha un impatto positivo sull'internazionalizzazione dell'impresa. Allargando il campo di analisi al loro intorno, emerge l'importanza dell'intelligenza artificiale, dell'edge computing, del digital twin e dei macchinari connessi, rappresentata dal loro diretto collegamento e dallo spessore degli archi che collegano quest'ultime tecnologie alle prime due.

Grafico 4.3 - Le relazioni tra le tecnologie digitali adottate dalle imprese dei Focus Group con effetti sull'internazionalizzazione

Legenda:

- cybersecurity = Cybersecurity
- e-commerce = Sintesi delle risposte su soluzioni digitali per web ed e-commerce
- robot_automazione = Sintesi delle risposte su automazione e robotica
- stampa_3d = soluzioni di manifattura additiva
- rfid = RFID-radio frequency identification
- presenza_sensori = Sintesi delle risposte sulla presenza di sensori
- analisi_dati = Sintesi delle risposte su raccolta, archiviazione e analisi dati.
- edge = utilizzo dell'edge computing e/o cloud computing
- intelligenza_artificiale = Sintesi IA
- blockchain = Blockchain e/o distributed ledger technology
- digital_twin = Digital twin e simulazione virtuale (di prodotti o processi)
- erp_crm= sintesi delle risposte sulla presenza di gestionali aziendali in particolare: Enterprise Resource Planning (ERP) e Customer relationship management (CRM)
- visori_vr_ar = Sintesi risposte su presenza e utilizzo visori Realtà Virtuale (VR) e Realtà Aumentata (AR)



Fonte: Elaborazione sulla base dei risultati del questionario, come descritto in appendice metodologica.

26 La vendita online (tramite proprio sito web o marketplace esterno), secondo i dati Istat relativi al 2021, non è ancora particolarmente diffusa tra le imprese italiane: solo il 18,4 per cento dichiara di vendere online via web e/o sistemi di tipo EDI; di queste, l'86,2 per cento a consumatori finali e il 53 per cento ad altre imprese o amministrazioni (B2C, B2B e B2G non tra loro escludenti).

27 Per un ulteriore approfondimento si veda la Nota metodologica

4.4. Il network dell'innovazione 4.0: Digital Innovation Hub

I capitoli precedenti riportano una descrizione approfondita dei processi di trasformazione digitale delle imprese, fornendo dettagli sulle tecnologie integrate nei processi produttivi ed evidenziando anche l'importanza del Piano Industria 4.0 lanciato nel 2017 - poi ridenominato Impresa 4.0 e infine Transizione 4.0 - nel promuovere investimenti in beni materiali e immateriali classificati come "4.0".

Un aspetto molto qualificante, anche se meno noto, del Piano Industria 4.0 è di aver disegnato un network per l'innovazione 4.0, dedicato alla sensibilizzazione e orientamento delle imprese e al trasferimento tecnologico, composto da due categorie di soggetti: i Competence Center (CC) e i Digital Innovation Hub (DIH), che rappresentano il punto di riferimento per le imprese che vogliono avvicinarsi a Industria 4.0, conoscerne le opportunità, sperimentare le tecnologie digitali e definire progetti per integrarle nei processi produttivi.

In particolare, è stata prevista la creazione di otto CC, costituiti attraverso specifici bandi con il coinvolgimento di poli universitari di eccellenza, centri di ricerca e importanti *player* privati, il cui obiettivo è offrire alle imprese la possibilità di testare e sperimentare le tecnologie e di accelerare i progetti innovativi e di sviluppo tecnologico. I DIH invece hanno il compito di sensibilizzare le imprese e di orientarle verso i soggetti che offrono innovazione (tra cui i Competence Center) e, secondo quanto previsto dal Piano Industria 4.0, la loro creazione è affidata a Confindustria e a Rete Imprese Italia.

Il network 4.0 così definito si inserisce nel quadro delle iniziative avviate dalla Commissione Europea nel 2016 con il Piano "Digitising European Industry - Reaping the full benefits of a Digital Single Market", che fa perno sulla creazione di una rete di CC e DIH con l'obiettivo di promuovere processi di trasformazione digitale delle imprese.

Inoltre, DIH e CC trovano ampio spazio nell'ambito del Programma Digital Europe, un programma di finanziamento europeo per gli anni 2021-2027 interamente dedicato alla digitalizzazione. Il Programma, tra le varie misure, prevede anche la costituzione di un network di European DIH al fine di fornire servizi alle imprese (es. *assessment* della maturità digitale, percorsi formativi, ecc.), creare sinergie tra DIH e PMI di regioni europee diverse e favorire lo sviluppo di competenze in particolare su intelligenza artificiale, *high performance computing* e cybersicurezza²⁸.

²⁸ La Commissione europea nel 2022 ha selezionato i soggetti che ne fanno parte.

4.4.1 I Digital Innovation Hub (DIH) di Confindustria: organizzazione, attività e progetti

I DIH di Confindustria²⁹ sono soggetti giuridici autonomi, promossi dalle Associazioni territoriali di Confindustria che hanno investito nel progetto, costituendo associazioni (riconosciute e non), fondazioni e società consortili con il coinvolgimento di partner sia del Sistema (es. imprese) sia esterni (es. Università, centri di ricerca, centri di trasferimento tecnologico, Regioni). I DIH hanno prevalentemente dimensione regionale, ma hanno articolazioni territoriali diffuse presso le associazioni territoriali di Confindustria che garantiscono la prossimità alle imprese e facilità di accesso ai servizi offerti. Il tratto caratterizzante dei DIH è che operano in rete: è stato costituito un Executive team composto dai responsabili dei DIH, che periodicamente si riunisce per definire le linee di sviluppo, per condividere *best practices* e iniziative che spesso nascono a livello locale e poi vengono condivise a livello nazionale, diventando così progetti di tutta la rete. Questo continuo confronto assicura l'omogeneità delle attività offerte dai DIH sui diversi territori e, aspetto ancora più importante, fa sì che un'impresa che si rivolge a un qualsiasi DIH di Confindustria di fatto entra in un network e potrà ricevere assistenza e risposte alle sue specifiche necessità.

Per ciò che riguarda il ruolo, nella visione di Confindustria i DIH rappresentano la porta di accesso delle imprese nel mondo della digitalizzazione e hanno il compito di stimolare la domanda di innovazione delle imprese e di favorire collegamenti con tutti i soggetti che offrono soluzioni e competenze: *competence center* nazionali ed europei, *smart factory* e *demo center*, fabbriche faro, università, parchi tecnologici, cluster tecnologici, centri di ricerca pubblici e privati, centri di trasferimento tecnologico, incubatori e *fablab*, ecc..

Quanto alle attività svolte, soprattutto nella fase di avvio della loro operatività, i DIH si sono dedicati ad azioni di sensibilizzazione e formazione - attraverso convegni, workshop, visite studio e incontri *one to one* - per poi ampliare i propri servizi.

Nell'ambito delle attività di sensibilizzazione e orientamento, i DIH hanno promosso accordi con grandi player tecnologici (Siemens, HP Italia, Google, Schneider Electric, Microsoft) che hanno messo a disposizione dei DIH le proprie competenze, prevedendo un'offerta formativa dedicata alle imprese sia con incontri su specifiche tecnologie 4.0 sia offrendo la possibilità di visitare i propri *demo center*. Con alcuni player si è deciso di proseguire la collaborazione. In particolare, è stato rinnovato l'accordo con Siemens, prevedendo un ampliamento delle attività da realizzare insieme ai DIH attraverso focus su tecnologie (es. simulazione e *digital twin*, *data analytics*, intelligenza artificiale, etc.) o su settori specifici con l'obiettivo di supportare le imprese nella fase di *post assessment*. Di grande rilevanza ai fini della sensibilizzazione e formazione delle imprese è il progetto Fabbriche Vetrina lanciato nel 2020, che si rivolge in modo specifico alle PMI. Le Fabbriche Vetrina sono PMI che hanno già avviato un percorso di trasformazione digitale e sono aperte a condividere con altre PMI la loro esperienza e mostrare casi applicativi delle tecnologie digitali. Sono quindi PMI che dialogano con altre PMI e mostrano come le tecnologie digitali possono essere integrate anche in imprese di dimensioni più piccole. Ad oggi sono state individuate oltre 40 aziende

29 DIH - Linee guida per il sistema Confindustria, 2017, definisce i criteri per la creazione della rete dei DIH, la loro struttura e gli obiettivi.

distribuite su tutto il territorio nazionale e sono stati realizzati numerosi tour virtuali per visitare le fabbriche vetrina e mostrare casi di applicazione concreta delle tecnologie digitali³⁰.

Questa attività di sensibilizzazione è affiancata ad una fondamentale attività di orientamento. In particolare, i DIH hanno sviluppato competenze specifiche nella valutazione della maturità digitale attraverso l'utilizzo di uno strumento di *assessment* elaborato dal Politecnico di Milano, che analizza 8 processi aziendali (progettazione e ingegneria, produzione, manutenzione, qualità, logistica, supply chain, marketing, risorse umane) sotto quattro diverse dimensioni di analisi (esecuzione, controllo dei processi, dotazione di tecnologie avanzate e struttura organizzativa). Tutti i DIH di Confindustria usano questo strumento e ciò consente di avere una base di conoscenza ampia e soprattutto omogenea. A oggi i DIH hanno affiancato circa 1.800 imprese nella compilazione del questionario, supportandole nella comprensione e nell'analisi dei propri processi produttivi. Ma il servizio più importante fornito dai DIH è la rielaborazione dei risultati dell'*assessment* e la restituzione all'impresa di una roadmap, in cui vengono indicati: punti di forza e debolezza, un benchmark di settore e le possibili azioni da compiere per colmare gap e raggiungere obiettivi specifici.

L'utilizzo dello stesso strumento di valutazione da parte di tutti i DIH di Confindustria ha consentito anche la realizzazione di interessanti progetti di filiera. A partire dal 2019, i DIH hanno avviato collaborazioni con grandi imprese per realizzare l'analisi della maturità digitale delle relative filiere con l'obiettivo di individuare i gap tecnologici e promuovere la trasformazione delle imprese della catena di fornitura, iniziando da quelle strategiche che per le imprese leader non rappresentano "semplici" fornitori ma veri partner. Il progetto si basa sull'individuazione da parte del capo filiera dei fornitori più rilevanti e sul coinvolgimento del DIH della regione in cui ha sede il fornitore: i DIH realizzano gli *assessment* con le imprese selezionate, analizzando anche specifici aspetti che riguardano le relazioni con il capo filiera; i risultati consolidati rappresentano una base importante per avviare interventi e collaborazioni e per accelerare i processi di trasformazione digitale della filiera. Le esperienze fino ad oggi realizzate sono state rivolte a: Ansaldo, ABB, ENEL, Hitachi, Leonardo e altre filiere più piccole.

4.4.2 La collaborazione con i Competence Center

Un approfondimento specifico merita la collaborazione con i Competence Center. Rispetto alle attività di orientamento svolte dai DIH, i Competence Center sono considerati un interlocutore fondamentale, rappresentando il luogo dove le imprese potranno concretamente conoscere e testare le tecnologie e dove potranno trovare supporto per la loro applicazione.

Come accennato in precedenza, i Competence Center sono costituiti nella forma di partenariati pubblico-privato, promossi da una università capofila che coinvolge altre università e centri di ricerca. Secondo le indicazioni del Piano Nazionale, i Competence Center sono soggetti di livello nazionale specializzati sugli specifici ambiti tecnologici indicati dal Piano stesso: IoT, *additive manufacturing*, *cloud computing*, intelligenza artificiale, realtà aumentata e virtuale, sistemi *cyber* fisici, *big data*, *cybersecurity*, robotica. L'obiettivo era dotare il paese di centri altamente specializzati, capaci di attrarre le imprese indipendentemente dalla loro localizzazione.

³⁰ È stata realizzata sul portale Industria 4.0 di Confindustria una pagina dedicata all'iniziativa, dove sono disponibili informazioni sui progetti delle imprese selezionate dai DIH <http://preparatialfuturo.confindustria.it/fabbriche-vetrina/>.

Tavola 4.5

Competence center e Università capofila	Specializzazione
Politecnico Torino Manufacturing 4.0	<i>Additive manufacturing, data science e big data</i> Focus su automotive, aerospazio, energia
Politecnico di Milano Made	Fabbrica 4.0 - <i>Cyber Physical System</i>
Università di Bologna BI-REX	<i>Big data</i> Focus su mecatronica, automotive, biomedicale, agrifood
Scuola Sant'Anna di Pisa Artes 4.0	Robotica e ambienti virtuali
Università di Padova SMACT	Tecnologie Smac: <i>social media, mobile, analytics e big data, cloud, IoT, automazione</i> Focus su abbigliamento, arredamento, agroalimentare
CNR Liguria Start 4.0	IoT (<i>Internet of Things</i>), realtà aumentata, <i>big data, blockchain, robotica, connettività 4.0</i> Focus su energia, trasporti, idrico, produttivo, porto
Federico II Napoli Industry 4.0	Tecnologie abilitanti di Industria 4.0 Focus su automotive, aerospazio, agricoltura, farmaceutico
La Sapienza Cyber 4.0	<i>Cybersecurity</i>

Dall'inizio del 2020 è stato sottoscritto un accordo di collaborazione tra Confindustria, i DIH e gli otto Competence Center selezionati dal MISE. In questo modo i DIH garantiscono la prossimità alle imprese e la presenza capillare sul territorio, mentre i Competence Center offrono il know how e la conoscenza approfondita delle tecnologie. Dall'accordo quadro sono scaturite alcune convenzioni operative tra singoli DIH e i Competence Center per avvicinare le imprese alle tecnologie digitali e promuovere la realizzazione di progetti innovativi. L'accordo, inoltre, ha posto le basi per la partecipazione congiunta dei DIH e dei Competence Center al Programma europeo Digital Europe, con il quale la Commissione ha recentemente costituito il network di European Digital Innovation Hub (EDIH). Secondo il Programma europeo, gli EDIH dovranno fornire servizi riconducibili a quattro specifiche aree di attività: 1) sensibilizzazione, valutazione maturità digitale, attività dimostrative, test e sperimentazione; 2) formazione; 3) networking; 4) accesso agli investimenti. Per soddisfare tali obiettivi, gli EDIH si sono costituiti come aggregazioni di soggetti che, ognuno con le proprie competenze, possono assicurarne il raggiungimento. I DIH di Confindustria fanno parte, insieme ai Competence Center e ad altri soggetti, degli EDIH e stanno diventando operativi in queste settimane.

4.5 Conclusioni

La digitalizzazione è uno strumento potenzialmente abilitante per l'efficienza dell'attività di impresa, ma è necessario avere le competenze materiali e immateriali e le risorse umane capaci di gestire questa trasformazione. Il processo digitale laddove riesce a dispiegare completamente le sue caratteristiche comporta un cambiamento profondo dell'attività di impresa.

Dall'analisi delle interviste alle imprese partecipanti ai Focus Group emerge chiaramente che l'impatto dei processi digitali avviati sull'internazionalizzazione delle imprese intervistate è stato positivo anche quando ha comportato una revisione della loro catena di fornitura estera. Inoltre, il ruolo positivo della digitalizzazione sul grado di esposizione all'estero delle imprese del campione è emerso chiaramente durante il primo shock da pandemia. Infatti, la diffusione del Covid è stato un acceleratore dei cambiamenti digitali all'interno delle imprese intervistate innescando una circolarità tra i due fenomeni: internazionalizzazione e digitalizzazione.

Molti gli elementi congiunturali nello scenario internazionale che potrebbero limitare il pieno dispiegamento dei potenziali effetti positivi della digitalizzazione sull'esposizione all'estero delle imprese italiane: una incertezza sempre più elevata anche a causa della guerra Russia-Ucraina tutt'ora in corsa e per la quale non si intravede una fine all'orizzonte, definizione di una politica industriale volta all'autonomia strategica adottata dalle principali economie (Unione Europea e Stati Uniti), che incentiva un rientro nella macro regione di appartenenza (regionalizzazione degli scambi) sia per la produzione di prodotti strategici sia per la loro relativa catena di fornitura, presenza di rapporti economici-politici sempre più difficili tra Stati Uniti e Cina con un effetto a cascata anche sui principali alleati americani, primo fra tutti i paesi della UE.

Nell'analisi delle relazioni tra le tecnologie digitali è emersa in alcuni casi una dipendenza, in altri un'interdipendenza e, in generale, diversi livelli di complessità di implementazione tecnica e organizzativa. Se ai fini statistici è inevitabile una semplificazione per l'emersione di variabili latenti, come il grado di digitalizzazione di un'impresa, per supportare concretamente le imprese nella trasformazione digitale sarà necessario un approccio graduale, come quello dei Digital Innovation Hub. A fianco dei rapporti di interdipendenza, è possibile sottolineare l'emergere di economie di rete³¹, che è necessario considerare nell'analisi dei benefici attesi dall'azienda nell'implementazione di alcune tecnologie digitali. Tali esternalità non sono controllabili dall'azienda e ne possono condizionare la scelta di operare come *first mover*, *early adopter*, o di attendere che il mercato sia divenuto maturo, a seconda della propria propensione al rischio e della strategia aziendale.

Infine, non sempre l'aumento del numero di tecnologie digitali utilizzate corrisponde a una più profonda e consapevole transizione digitale. Il *payoff* tra rischi, costi e benefici è emerso in particolare in riferimento al *cloud*³²: le motivazioni di chi ha deciso di non farne ricorso sono riscontrabili in una eccessiva standardizzazione dei processi, nel rischio di perdita dei dati, del loro controllo e della riservatezza. È opportuno ricordare, a tal proposito, anche le iniziative europee³³ e italiane³⁴ che mirano proprio a una maggiore sicurezza per le imprese e la pubblica amministrazione italiana.

31 A tal proposito, per le reti di comunicazione si può fare riferimento alla Legge di Metcalfe (Metcalfe, 1995) e al lavoro di Odlyzko & Tilly (2005); per le reti di trasmissione alla legge di Sarnoff (Farris et al., 2021).

32 Questo a prescindere dal fatto che sia un servizio *Infrastructure-as-a-Service* (IaaS), *Platform-as-a-Service* (PaaS) e *Software-as-a-Service* (SaaS).

33 Es. l'Alleanza europea per i dati industriali, l'*edge* e il *cloud*

34 Come La Strategia Cloud Italia o il Polo Strategico Nazionale.

Bibliografia

- Ambrosio, A. P., & Fidalgo, M. I. R. (2020). *Past, present and future of Virtual Reality: Analysis of its technological variables and definitions*. Culture and History Digital Journal, 9(1). <https://doi.org/10.3989/CHDJ.2020.010>
- Ayani, M., Ganebäck, M., & Ng, A. H. C. (2018). *Digital Twin: Applying emulation for machine reconditioning*. Procedia CIRP, 72, 243-248. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.139>
- Ball, M. (2022). *The Metaverse and how it will revolutionize everything* (Liveright Publishing, Ed.).
- Cassetta, E., Monarca, U., Dileo, I., di Berardino, C., & Pini, M. (2020). *The relationship between digital technologies and internationalisation. Evidence from Italian SMEs*. Industry and Innovation, 27(4), 311-339. <https://doi.org/10.1080/13662716.2019.1696182>
- Chesbrough, H. W. (2003), *The Era of Open Innovation*. MIT Sloan Management Review.
- Cinquegrana, G. (2019), *Economia digitale e produttività: errori di misurazione e fattori idiosincrici. Il caso italiano* in Economia Italiana, numero 1/2019.
- Cristadoro, R. (2019), *Economia Digitale*, Banca d'Italia Nota Dipartimento di Economia e Statistica, Anno 1, Numero 1, dicembre 2019
- Dethine, B., Enjolras, M., & Monticolo, D. (2020). *Digitalization and SMEs' Export Management: Impacts on Resources and Capabilities*. Technology Innovation Management Review, 10(4), 18-34. <https://doi.org/10.22215/timreview/1344>
- Farris, P., Pfeifer, P. E., & Johnson, R. R. (2021). *The Value of Networks*. SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1420578>
- Floridi, L. (2015). *Commentary on the Onlife Manifesto*. In The Onlife Manifesto (pp. 21-23). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-04093-6_4
- Frey, C. B., Osborne, M. A., Dewey, D., Dorn, D., Flint, A., Goldin, C., Muellbauer, J., Mueller, V., Newman, P., Ó hÉigeartaigh, S., Sandberg, A., Shanahan, M., & Woolcock for their excellent suggestions, K. (2013). *The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?*
- Freund, C., Mulabdic, A., & Ruta, M. (2019). *Is 3D Printing a Threat to Global Trade? The Trade Effects You Didn't Hear About*, World Bank Group.
- Gabrielli, G. (a cura di) (2020), *Il lavoro dell'uomo con i robot. Alleati o rivali?* Franco Angeli.
- Gal, P. et al. (2019), *Digitalisation and productivity: In search of the holy grail – Firm-level empirical evidence from EU countries*, OECD Economics Department Working Papers, No. 1533, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/5080f4b6-en>

Istat (2022), Imprese e ICT, anno 2021.

Katz, M. L., & Shapiro, C. (1985). *Network Externalities, Competition, and Compatibility*. The American Economic Review, 75, 424-440.

Kohtamäki, M., Parida, V., Patel, P. C., & Gebauer, H. (2020). *The relationship between digitalization and servitization: The role of servitization in capturing the financial potential of digitalization*. Technological Forecasting and Social Change, 151, 119804. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119804>

Lee, L.-H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., Kumar, A., Bermejo, C., & Hui, P. (2021). *All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda*. <http://arxiv.org/abs/2110.05352>

Lerch, C., & Gotsch, M. (2015). *Digitalized Product-Service Systems in Manufacturing Firms: A Case Study Analysis*. Research-Technology Management, 58(5), 45-52. <https://doi.org/10.5437/08956308X5805357>

Metcalfe, B. (1995). *Metcalfe's Law: A Network Becomes More Valuable as It Reaches More Users*. INFOWORLD, 53-53.

Odlyzko, A., & Tilly, B. (2005). *A refutation of Metcalfe's Law and a better estimate for the value of networks and network interconnections*. <https://search.iczhiku.com/paper/QYqOCpFp8gd3fd4H.pdf>

Paschou, T., Adrodegari, F., Rapaccini, M., Saccani, N., & Perona, M. (2018). *Towards Service 4.0: a new framework and research priorities*. Procedia CIRP, 73, 148-154. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.300>

Sjödin, D., Parida, V., Palmié, M., & Wincent, J. (2021). *How AI capabilities enable business model innovation: Scaling AI through co-evolutionary processes and feedback loops*. Journal of Business Research, 134, 574-587. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.05.009>

Slater, M., & Sanchez-Vives, M. v. (2016). *Enhancing our lives with immersive virtual reality*. In *Frontiers Robotics AI* (Vol. 3, Issue DEC). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>

Sorbe, S. et al. (2019), *Digital dividend: Policies to harness the productivity potential of digital technologies*, OECD Economic Policy Papers, No. 26, OECD Publishing, Paris.

Tronvoll, B., Sklyar, A., Sörhammar, D., & Kowalkowski, C. (2020). *Transformational shifts through digital servitization*. Industrial Marketing Management, 89, 293-305. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.02.005>

Varian, H. (2018). *Economie di rete e Big Data*. Aspenia.

WEF. (2020). *The Future of Jobs*, Report 2020.

Appendice

La metodologia utilizzata per i Focus Group

Per la redazione del capitolo 3, sono state intervistate 31 imprese, di diversa dimensione, settore e provenienza geografica, la cui distribuzione di queste caratteristiche è rappresentata nei seguenti grafici (A, B, C e D).

Grafico A - Distribuzione del campione per numero di addetti

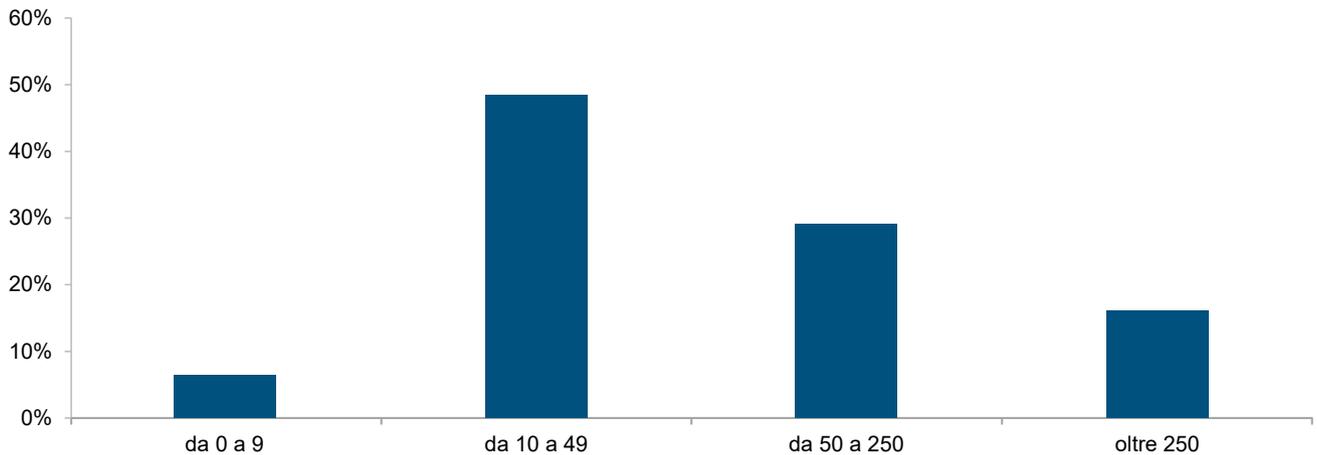


Grafico B - Distribuzione del campione per classe di fatturato

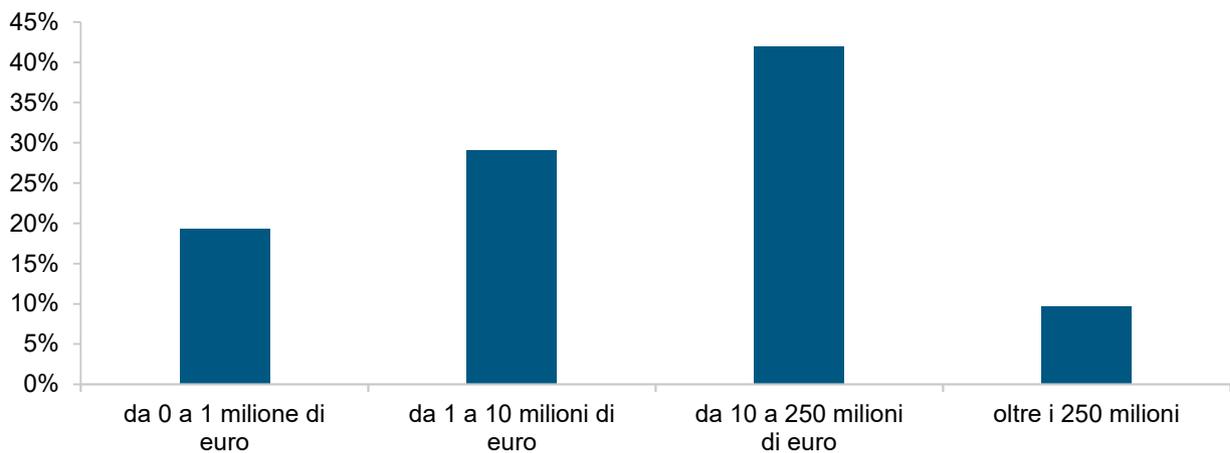


Grafico C - Distribuzione del campione per propensione all'export (2021)

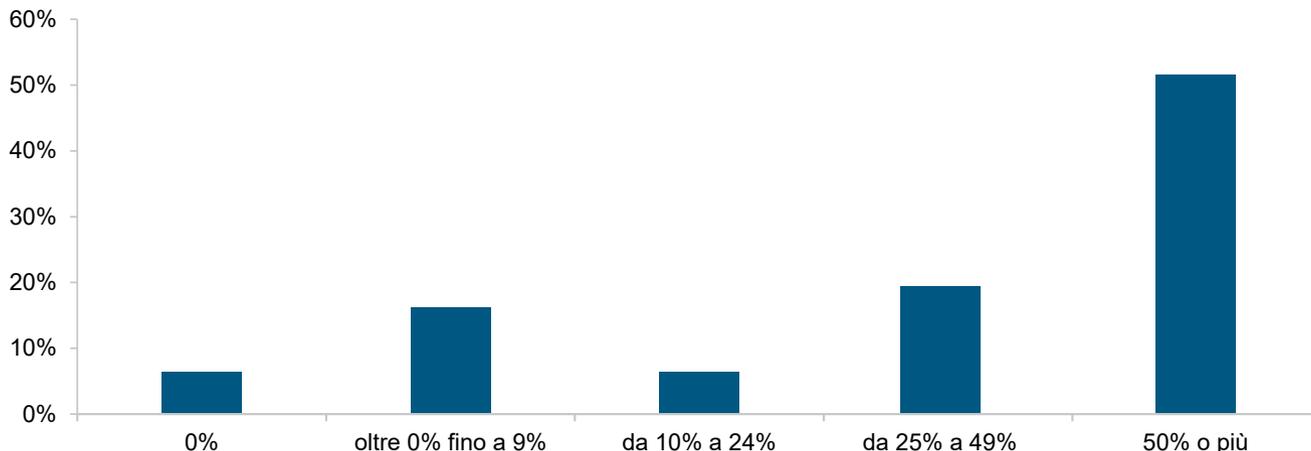
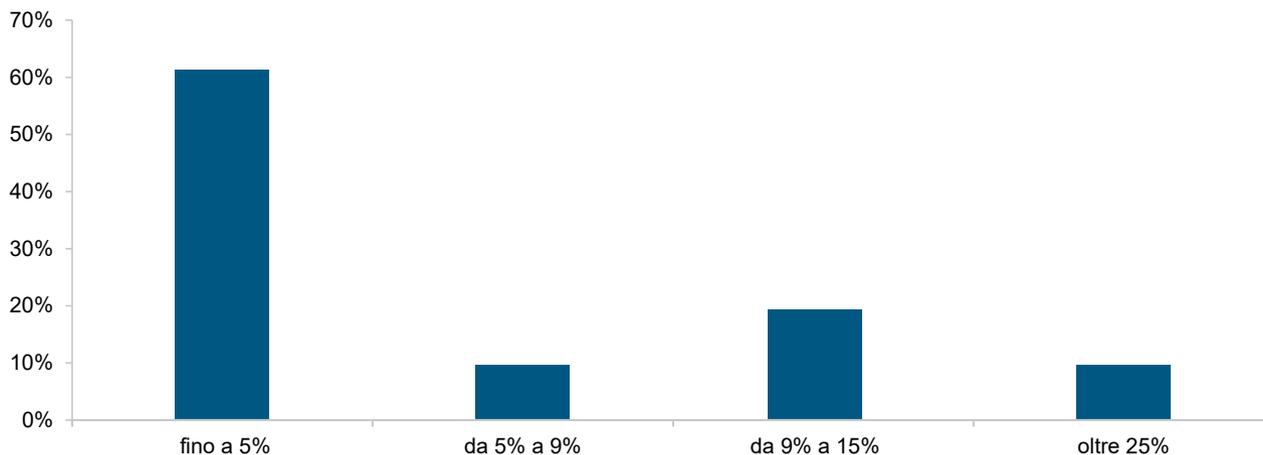


Grafico D - Distribuzione del campione per investimento annuo in ICT (percentuale sul totale fatturato 2021)



Le imprese sono state selezionate all'interno delle aziende associate a Confindustria³⁵. La preselezione effettuata è stata volta a intervistare imprese che avessero già introdotto rilevanti soluzioni digitali nei loro processi o prodotti, o entrambi, escludendo quindi aziende non digitalizzate o che non utilizzano tecnologie digitali più avanzate (tavola A).

³⁵ In particolare, hanno collaborato all'individuazione delle imprese oggetto dell'analisi, l'Area Politiche Industriali e per la sostenibilità di Confindustria, la Segreteria Piccola Industria dell'Unione Industriali Torino, la Segreteria Piccola Industria Confindustria, Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologici, Unione Parmense degli Industriali, Unindustria - L'Associazione territoriale del sistema Confindustria di Roma Frosinone Latina Rieti Viterbo, Confindustria Romagna, la Rivista di Confindustria L'Imprenditore, Confindustria Emilia Area Centro, i Giovani Imprenditori di Confindustria.

Tavola A - Soluzioni digitali considerate avanzate ai fini della partecipazione ai Focus Group

Raccolta, storage e/o analisi di dati in cloud	Soluzioni di pagamento Fintech nel proprio e-commerce	Automazione Robotica dei processi
Stampa 3D	RFID-radio frequency identification	Internet of Things (IoT)
Integrazioni basate su API	Blockchain e/o distributed ledger technology	Digital twin e simulazione virtuale (di prodotti o processi)
Sistemi ERP e CRM	Wearable per realtà aumentata e/o virtuale; per assistenza e/o sicurezza sul lavoro	Soluzioni di intelligenza artificiale

Le interviste sono state condotte attraverso lo strumento dei Focus Group, con massimo cinque imprese per sessione e un minimo, in un caso eccezionale, di due. All'interno delle interviste sono state poste a tutte le imprese due domande generali, uguali per tutte, cui sono state affiancati quesiti specifici a seconda degli elementi emersi nelle sessioni.

Al fine di costruire le domande accessorie nel modo più preciso possibile e per utilizzare al meglio il tempo degli imprenditori, è stato costruito un questionario in modalità digitale, con 31 domande, divise tra: una prima sessione dedicata alle informazioni generali e anagrafiche dell'impresa; una seconda dedicata all'implementazione del processo di digitalizzazione e alle tecnologie di base, una terza alle tecnologie avanzate e un'ultima sessione a digitalizzazione e internazionalizzazione³⁶. A ogni azienda intervistata è stato chiesto di compilarlo prima dei Focus Group. In calce a questa appendice sono disponibili le domande del questionario.

Per la realizzazione del grafo (grafico 4.3) sono stati utilizzati i risultati delle domande del questionario dalla 11 alla 24. In particolare:

- Per la domanda 11, "Cybersecurity", sono state considerate =1 le risposte "L'azienda ha gli strumenti avanzati e *by design*" e "l'azienda ha gli strumenti avanzati e *by design* e i dipendenti sono formati sui rischi e le misure di sicurezza"; sono state considerate = 0 le risposte "L'azienda ha gli strumenti digitali di base" e "L'azienda ha gli strumenti digitali di base e i dipendenti sono formati sui rischi e le misure di sicurezza".
- Per la domanda 12, "Sito internet ed e-commerce", le risposte alle domande "ha e aggiorna periodicamente il proprio sito web", "L'azienda vende online tramite *marketplace* esterni", "L'azienda vende online tramite *marketplace* proprietario", "l'azienda accetta pagamenti direttamente online", "L'azienda utilizza uno o più social media", "L'azienda utilizza strumenti di SEO per il sito internet" e "L'azienda accetta pagamenti con servizi di fintech", sono state considerate =1 se SI, = 0 se NO. Tali risposte sono state quindi sommate e, ai fini della realizzazione dei nodi del grafo, è stato considerato =1 più di 4 risposte positive; =0 minore o uguale a 4 risposte positive.

36 Altre informazioni, come il settore Ateco di riferimento, sono state estratte dal Registro Imprese di Confindustria.

- La domanda 14 "Utilizzo servizi *cloud* più avanzati: se presente, quanto sono importanti per l'internazionalizzazione della sua azienda?" non è stata considerata ai fini della matrice a causa delle evidenze emerse durante i Focus Group, che hanno assegnato all'utilizzo del *cloud* un ruolo controverso per l'internazionalizzazione e la digitalizzazione.
- Per le domande 15, "Robotica e automazione: se presente, quanto è importante per l'internazionalizzazione della sua azienda?", e 16, "Automazione robotica dei processi (RPA): se presente, quanto è importante per l'internazionalizzazione della sua azienda?", è stato considerato 0;1;2=0; 3,4,5=1. Sono state quindi sommate e creata la voce "Sintesi automazione e robotica", considerata =0 se <1 e= 1 se la somma delle due voci, per ogni impresa, era uguale o maggiore di 1.
- Per le domande 17, "Manifattura additiva (stampa 3D): se presente, quanto è importante per l'internazionalizzazione della sua azienda?" e 18, *RFID-radio frequency identification*: se presente, quanto è importante per l'internazionalizzazione della sua azienda?", sono state considerate =0 le risposte con valori mancanti, 1 o 2; =1 quelle con valori 3,4,5.
- Per la prima voce della domanda 19, "Presenza macchinari connessi", le risposte "per niente" e "poco" sono state considerate =0; "abbastanza", "molto", "fondamentale" = 1
- Per le voci "Presenza sensori aggiuntivi nella produzione", "Presenza sensori aggiuntivi nel magazzino e gestione ordini" e "Presenza sensori aggiuntivi in altre aree dell'impresa (es. domotica)", le risposte "per niente" e "poco" sono state considerate =0; "abbastanza", "molto", "fondamentale" = 1. Sono state quindi sommate e creato l'indice "Sintesi raccolta, archiviazione e analisi dati", pari a 0 se la somma era minore di 1 e pari a 1 se maggiore o uguale a 1.
- Per la domanda 20, nelle voci: "Presenza sistemi di raccolta dati", "Presenza sistemi di archiviazione dati" e "presenza sistemi di analisi dati in tempo reale", le risposte "per niente" e "poco" sono state considerate =0; "abbastanza", "molto", "fondamentale" = 1. Sono state quindi sommate e creato l'indice "Sintesi raccolta, archiviazione e analisi dati", pari a 0 se la somma era minore di 1 e pari a 1 se maggiore o uguale a 1.
- Per le voci "utilizzo di sistemi di intelligenza artificiale basati su *machine learning*" e "utilizzo di sistemi di intelligenza artificiale basati su *deep learning*", le risposte "per niente" e "poco" sono state considerate =0; "abbastanza", "molto", "fondamentale" = 1. È stato poi creato un indice sintetico, "Sintesi IA", pari a 0 se la somma era minore di 1 e pari a 1 se maggiore o uguale a 1.
- Per la voce "utilizzo dell'*edge computing* e/o *cloud computing*", le risposte "per niente" e "poco" sono state considerate =0; "abbastanza", "molto", "fondamentale" = 1
- Per la domanda 21, "Integrazioni basate su API: se presente, quanto è importante per l'internazionalizzazione della sua azienda?", sono state considerate =0 le risposte con valori mancanti, 1 o 2; =1 quelle con valori 3,4,5.
- Per la domanda 22, "*Blockchain* e/o *distributed ledger technology*: se presente, quanto è importante per l'internazionalizzazione della sua azienda?", sono state considerate =0 le risposte con valori mancanti, 1 o 2; =1 quelle con valori 3,4,5.

- Per la domanda 23, "Digital twin e simulazione virtuale (di prodotti o processi): se presente, quanto è importante per l'internazionalizzazione della sua azienda?", sono state considerate =0 le risposte con valori mancanti, 1 o 2; =1 quelle con valori 3,4,5.
- Per la domanda 13 "Gestionali aziendali" sono state considerate =1 le risposte "L'azienda ha strumenti e standard per il dialogo automatizzato con fornitori e/o clienti" e "L'azienda ha un sistema interconnesso e interoperabile di gestione a 360 gradi"; sono state considerate = 0 le risposte "nessuna" e "L'azienda ha gli strumenti digitali di base"; per la domanda 24 "Sistemi ERP e CRM avanzati: se presente, quanto è importante per l'internazionalizzazione della sua azienda?", è stato considerato 0;1;2=0; 3,4,5=1. È stato quindi creato un indice sintetico "Sintesi domande ERP e CRM", al quale è stato assegnato 1 se la somma delle due voci era maggiore di 0.
- Per la domanda 25 "Wearable: se presente, quanto è importante per l'internazionalizzazione della sua azienda?", sono state considerate ai fini della costruzione della matrice solo le prime due voci, ovvero "Visori realtà virtuale" e "Visori realtà aumentata", le cui risposte sono state suddivise in: "per niente" e "poco" sono state considerate =0; "abbastanza", "molto", "fondamentale" = 1. È stato quindi creato un indice sintetico "Sintesi visori VR e AR", al quale è stato assegnato 1 se la somma delle due voci era maggiore di 0.

Il grafo realizzato non è orientato, ovvero la sua matrice è simmetrica rispetto alla diagonale e ciascuno spigolo è individuato da una coppia di vertici indipendentemente dal loro ordine. Il grado di un vertice è dato dal numero di spigoli incidenti in esso. Nel grafico in esame, le risposte costituiscono sia le righe sia le colonne della matrice (nello stesso ordine). I valori delle celle rappresentano le co-occorrenze, ovvero il numero delle volte in cui due termini sono compresenti nello stesso singolo questionario.

Questionario

Informazioni generali

1. **Ragione sociale** (*risposta aperta*)
2. **Numero di addetti** (*risposta multipla esclusiva*)
 - fino a 9 dipendenti
 - da 10 a 49
 - da 50 a 250
 - oltre 250
3. **Classe di fatturato (2021)** (*risposta multipla esclusiva*)
 - fino a 1 milione di euro
 - da 1 a 10 milioni di euro
 - da 10 a 250 milioni di euro
 - oltre i 250 milioni
4. **Attività principale** (*risposta aperta*)

si prega di inserire una breve descrizione della propria attività, concentrandosi sul core business
5. **Fa parte di un gruppo italiano o estero?** (*risposta multipla esclusiva*)
 - Estero
 - Italiano
 - Nessuno
6. **Propensione all'export (2021)** (*risposta multipla esclusiva*)
 - 0%
 - oltre 0% fino a 9%
 - da 10% a 24%
 - da 25% a 49%
 - 50% o più

7. **Investimento annuo in ICT (% sul totale fatturato 2021)** *(risposta multipla esclusiva)*

- 0%
- oltre 0% e fino a 5%
- oltre 5% e fino a 9%
- Oltre 9% e fino a 15%
- Oltre 15% e fino a 25%
- oltre 25%

Processo di digitalizzazione: implementazione

8. **Il processo di digitalizzazione ha comportato cambiamenti profondi nell'organizzazione?** *(risposta multipla)*

- Sì, nella parte hardware e dei macchinari
- Sì, nella parte software e delle procedure di lavoro
- Sì, nella formazione e competenze dei lavoratori
- Altro

9. **Per quale motivo è stato avviato questo processo?** *(risposta multipla)*

- è un processo continuo e normale in azienda
- per richieste / necessità dei clienti
- per richieste / necessità dei fornitori
- per utilizzare gli incentivi
- Altro

Processo digitalizzazione: tecnologie di base

10. **Cloud di base** *(risposta multipla)*

- Email aziendale
- Intranet
- Database interno
- Altro
- indicare i servizi presenti

11. Cybersecurity (*risposta multipla*)

- L'azienda ha gli strumenti digitali di base
- L'azienda ha gli strumenti digitali di base e i dipendenti sono formati sui rischi e le misure di sicurezza
- L'azienda ha gli strumenti avanzati e by design
- L'azienda ha gli strumenti avanzati e by design e i dipendenti sono formati sui rischi e le misure di sicurezza
- Nessuna

12. Sito internet ed e-commerce (SI/NO)

- L'azienda ha e aggiorna periodicamente il proprio sito web
- L'azienda vende online tramite marketplace esterni
- L'azienda vende online tramite marketplace proprietario
- L'azienda accetta pagamenti direttamente online
- L'azienda utilizza uno o più social media
- L'azienda utilizza strumenti di SEO per il sito internet
- L'azienda accetta pagamenti con servizi di fintech

13. Gestionali aziendali

- L'azienda ha gli strumenti digitali di base
- L'azienda ha strumenti e standard per il dialogo automatizzato con fornitori e/o clienti
- L'azienda ha un sistema interconnesso e interoperabile di gestione a 360 gradi
- Nessuna

Processo digitalizzazione: tecnologie avanzate

Nelle domande seguenti compilare le voci e assegnare un punteggio solo se la tecnologia è presente in azienda e utilizzata.

NB: Per internazionalizzazione si intende sia rapporti commerciali con imprese estere che rapporti economici diretti con casa madre o filiali residenti all'estero

25. **Wearable**: se presente, quanto è importante per l'internazionalizzazione della sua azienda?

	Per niente	Poco	Abbastanza	Molto	Fondamentale
Visori realtà virtuale					
Visori realtà aumentata					
Dispositivi per la sicurezza 4.0					

26. **Altro** (da specificare) (domanda aperta)

27. **Se presenti, per quali funzioni aziendali e con quale scopo sono utilizzate nella sua impresa le tecnologie "avanzate"** (una o più di quelle citate in questa indagine)? (domanda aperta)

Digitalizzazione e internazionalizzazione

28. **Come il processo di digitalizzazione ha influito sull'internazionalizzazione della sua impresa?**

	Sono diminuite	Sono rimaste invariate	Sono aumentate
Esportazioni			
Importazioni di materie prime, semilavorati, parti e componenti			
Importazioni di servizi per l'impresa (r&s, ict, ecc.)			

29. **Motivazione (solo per le caselle scelte)** (domanda aperta)

30. Come il processo di digitalizzazione ha influito sull'internazionalizzazione della sua impresa

	Sono rese più difficili	Sono rimaste invariate	Sono facilitate	Non è possibile rispondere
Interazioni con i fornitori esteri di materie prime/semilavorati/componenti				
Interazioni con i fornitori esteri di servizi (r&s, ict ecc.)				
Interazioni con i clienti finali esteri				
Interazioni con le sedi estere commerciali (show room, magazzini, centri assistenza ecc.)				
Interazioni con le sedi estere di produzione				
Interazioni con partner esteri di logistica e distribuzione				
Interazioni con la casamadre (per filiali di mn estere)				
Altro (specificare nella motivazione)				

31. Motivazione (solo per le caselle scelte) (domanda aperta)



www.ice.it
www.export.gov.it

Italian Trade Agency  [@ITAttradeagency](#) 
ITA-Italian Trade Agency  [@itatradeagency](#) 