

23 / 2023

ISSN: 2465-175

prospettive**in**ORGANIZZAZIONE 

RIVISTA DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI ORGANIZZAZIONE AZIENDALE

Special Issue:
“Digital Organization”

<https://prospettiveinorganizzazione.assioa.it/>

PROSPETTIVE IN ORGANIZZAZIONE

RIVISTA TRIMESTRALE DI ORGANIZZAZIONE AZIENDALE

Direttore

M. Martinez - Seconda Università degli Studi di Napoli

Comitato editoriale di coordinamento

Buonocore Filomena - Università di Napoli Parthenope

Flamini Giulia - Università Politecnica delle Marche

Rosario Marrapodi - Università degli Studi di Napoli 'Parthenope'

Morelli Chiara - Università del Piemonte Orientale

Tomo Andrea - Università degli Studi di Napoli Federico II

Riemma Filomena - Università Parthenope di Napoli

Zifaro Maria - Università Telematica "Universitas Mercatorum" Roma

Rosa Angelo - Università LUM "Giuseppe Degennaro"

ISSN 2465-175

Editore

ASSIOA - Associazione Italiana di Organizzazione Aziendale

Università Cattolica del Sacro Cuore

Largo A. Gemelli, 1 -20123 Milano

info@assioa.it

Intelligenza Artificiale: cosa emerge nel dibattito Organizzativo e Manageriale?.....	6
La digitalizzazione delle organizzazioni nel settore dell’agricoltura: un’analisi esplorativa su fattori abilitanti, barriere e risultati dell’adozione delle tecnologie digitali.....	22
Smart agrifood: rivoluzione digitale e sfide organizzative.....	38
Industria 4.0: come cambia il lavoro con l’introduzione dei cobot nei processi produttivi manifatturieri?.....	67

Siamo lieti di aprire la sezione *Digital Organization* con una special issue basata sui contributi di ricerca presentati durante la recente edizione della conferenza ItAIS, tenutasi a Catanzaro nell'ottobre del 2022. Lo scopo è quello di offrire una panoramica su temi rilevanti in merito ai fenomeni di introduzione e adozione di tecnologie digitali nelle organizzazioni ai diversi livelli, da quello operativo a quello più strategico. Con questo obiettivo, abbiamo pensato di coinvolgere i membri della comunità ItAIS, considerata una tra le più attive su questi filoni di ricerca e che da oltre vent'anni organizza annualmente una conferenza su questi temi. Nello specifico, abbiamo selezionato tra gli articoli presentati nel corso dell'edizione del 2022, quelli degli autori di lingua italiana che ci sono sembrati più interessanti e promettenti per questa sezione di "Prospettive in Organizzazione". Abbiamo chiesto agli autori di sintetizzare e ripensare in chiave organizzativo-manageriale e di diffusione scientifica i loro contributi. Si tratta di sette articoli distribuiti in due numeri in base a due aree tematiche di particolare attualità. In questo numero sono ospitati contributi su "Trasformazione e innovazione", mentre nel successivo che completa questa special issue inaugurale avremo contributi in ambito "Emergenza e resilienza". Una panoramica di sintesi delle numerose tematiche trattate chiuderà la special issue con una serie di sollecitazioni e spunti di riflessione. Ringraziando tutti gli autori per l'impegno e il lavoro svolto vi auguriamo una buona e speriamo stimolante lettura!

Francesco Virili & Stefano Za

Intelligenza Artificiale: cosa emerge nel dibattito

Organizzativo e Manageriale?

Marco Smacchia e Stefano Za

Abstract

Questo studio esplora, attraverso una revisione della letteratura, gli effetti della collaborazione tra operatore e cobot sulle caratteristiche del lavoro evidenziando come l'introduzione dei cobot possa rappresentare al contempo una minaccia e un'opportunità per il work design e sottolineando l'importanza dell'adozione di una prospettiva sociotecnica nella progettazione del lavoro

Introduzione

Una componente importante della trasformazione digitale associata all'Industria 4.0 è la sempre crescente collaborazione tra uomo e macchina (Wang et al., 2020). In linea con questa tendenza si inserisce l'introduzione di robot collaborativi, noti come "cobot" (El Zaatari et al., 2019), utilizzati soprattutto per ottimizzare i micro-processi all'interno delle linee di produzione (McKinsey, 2018), come il prelievo e il posizionamento (*pick & place*), l'assemblaggio, la consegna, l'avvitamento o l'ispezione, riducendo così il carico di lavoro fisico per gli esseri umani (Kildal et al., 2018). Questa innovazione apporta un notevole incremento lungo la catena del valore della produzione, migliorando la precisione dei processi fino al 90% e comportando una riduzione dei costi del 59% (McKinsey, 2018; Deloitte Consulting, 2017).

La comparsa della nuova generazione di robot collaborativi, che a differenza dei robot tradizionali possono operare senza la necessità di barriere di protezione intorno, presenta nuove sfide per molti

aspetti dell'interazione uomo-robot, tra cui la prossimità tra operatore e *cobot*, il coordinamento durante i processi operativi (Welfare et al., 2019), questioni legate agli aspetti di usabilità dei *cobot* (Pollak et al., 2020). Poiché i *cobot* lavorano fianco a fianco con gli esseri umani, condividendo compiti manuali e cognitivi, di routine e no, la ricerca ha iniziato a esplorare le implicazioni dell'introduzione del *cobot* sui compiti condivisi (Pollak et al., 2020; Belhassein et al., 2022; Jercic et al., 2019), e i suoi effetti sul benessere e sulle prestazioni organizzative (Parker et al., 2020).

Sulla base di tali considerazioni, e adottando come quadro analitico la prospettiva del *work design* (Hackman & Oldham, 1976, 1980; Parker et al., 2017), questo studio è finalizzato ad esplorare le implicazioni della collaborazione tra operatore e *cobot* sulle caratteristiche del lavoro ritenute alla base delle prestazioni individuali, quali ad esempio la varietà delle competenze, il contenuto del lavoro, l'autonomia, considerate fondamentali per le prestazioni individuali, come la qualità del lavoro, il benessere, gli stati psicologici positivi e la soddisfazione sul lavoro (Parker et al., 2017; Morgesson & Humphrey, 2006; ecc.). Per raggiungere questo obiettivo, abbiamo condotto una revisione della letteratura sull'interazione uomo-*cobot* e sulle caratteristiche del lavoro, identificando le principali evidenze e lacune nella ricerca esistente. Nonostante questo ambito di indagine sia ancora poco sviluppato, i risultati di questo studio evidenziano che i *cobot* collaborativi possono influenzare in molteplici modi i diversi aspetti del lavoro, talvolta in modo contraddittorio. Queste evidenze forniscono implicazioni importanti sia per la teoria che per la pratica.

Nuove tecnologie e Work Design

Il concetto di *work design* si riferisce al contenuto e all'organizzazione dei compiti e delle mansioni, delle relazioni e delle responsabilità lavorative (Parker et al., 2020). Benchè ne siano stati sviluppati più modelli di *work design* (e.g., Parker et al., 2020; Morgesson & Humphrey, 2006), che si focalizzano su diverse mansioni e caratteristiche lavorative, gli studiosi concordano sul fatto che la

progettazione del lavoro influisca su stati psicologici critici, che a loro volta comportano conseguenze individuali e organizzative.

Con l'introduzione dei robot collaborativi, molti dibattiti hanno animato la letteratura accademica e non solo riguardo agli impatti sociali di questa tecnologia. Da un lato, alcuni studi tendono a sottolineare gli effetti positivi, come l'aumento delle competenze cognitive, l'incremento del valore e significato del lavoro e dell'autonomia dei dipendenti (Spencer et al., 2018). A tal fine, il report di McKinsey (2018) evidenzia ad esempio come nelle linee di assemblaggio automobilistico, grazie all'introduzione dei robot collaborativi, la flessibilità nella produzione di modelli in lotti più piccoli è aumentata, portando con sé un incremento delle responsabilità e competenze cognitive per i dipendenti (McKinsey, 2018). D'altra parte, altri studi si concentrano sugli aspetti negativi, e in particolare sulla possibile perdita di posti di lavoro (van Wynsberghe & Comes, 2020). A tale proposito, il rapporto di Deloitte consulting (2017), ad esempio, prevede la sostituzione di milioni di posti di lavoro esistenti con l'introduzione dei robot collaborativi. Inoltre, autori come Frey and Osborne (2017), Schumpeter (2015) hanno messo in luce l'impoverimento della natura del lavoro stesso. Secondo questi fonti si profila la probabilità che i nuovi posti di lavoro diventino più precari e meno gratificanti, le carriere più frammentate e le mansioni semplificate con poco o nessun margine di discrezionalità per l'operatore, in un modo che può essere definito "neo taylorismo".

Tuttavia, invece di concentrarsi sugli impatti macro della tecnologia 4.0 sul lavoro, autori come Parker et al. (2020) sostengono che la ricerca dovrebbe occuparsi prioritariamente di comprendere quali compiti e mansioni lavorative siano influenzate dall'interazione con i robot collaborativi e quali siano le conseguenze di questo nuovo assetto sul benessere degli operatori e sulle prestazioni organizzative. A tal proposito, gli studi di Parker et al. (2017; 2020) indicano come l'intelligenza artificiale e la tecnologia 4.0 possano influenzare la progettazione del lavoro, evidenziando che la tecnologia digitale è connessa sia in modo positivo che negativo alle seguenti caratteristiche del lavoro: (I) autonomia e

controllo, che comprende il processo decisionale sui processi e i metodi di lavoro; (II) varietà e utilizzo delle competenze e abilità, poiché le nuove tecnologie possono offrire maggiori opportunità per impegnarsi in compiti più significativi; (III) abilità e competenze, che includono la varietà di abilità e competenze necessarie per completare il lavoro (Morgeson & Humphrey, 2006); (IV) contenuto del lavoro, che riguarda le esigenze fisiche e cognitive, come il livello di attività fisica o lo sforzo richiesto per il lavoro (Morgeson & Humphrey, 2008), nonché la tipologia e l'intensità dei processi cognitivi richiesti per svolgere il lavoro (Hunter & Hunter, 1984). Poiché la tecnologia non influenza una singola caratteristica del lavoro, ma diversi aspetti contemporaneamente, l'introduzione dei *cobot* nei processi produttivi richiede una comprensione di come tale tecnologia influisca sulla progettazione del lavoro degli operatori nel settore manifatturiero.

Metodo

Per studiare l'impatto dell'introduzione dei *cobot* sui compiti e attività dei dipendenti, abbiamo condotto una revisione della letteratura tra marzo e aprile 2022. Sono stati utilizzati prevalentemente i motori di ricerca e database elettronici Scopus, Web of Science e Google Scholar. I criteri di inclusione adottati sono: (i) focus principale sull'introduzione dei *cobot*, cercando "cobot" o "robot collaborativo" nel titolo, nell'abstract o mediante parole chiave; (ii) esplorazione dell'interazione tra *cobot* e lavoro, cercando "lavoro", "dipendente", "HRM", "interazione" nel titolo o nelle parole chiave. Il processo di selezione degli articoli è stato condotto in diverse fasi, seguendo il protocollo PRISMA (Moher et al., 2019) (Fig. 1).

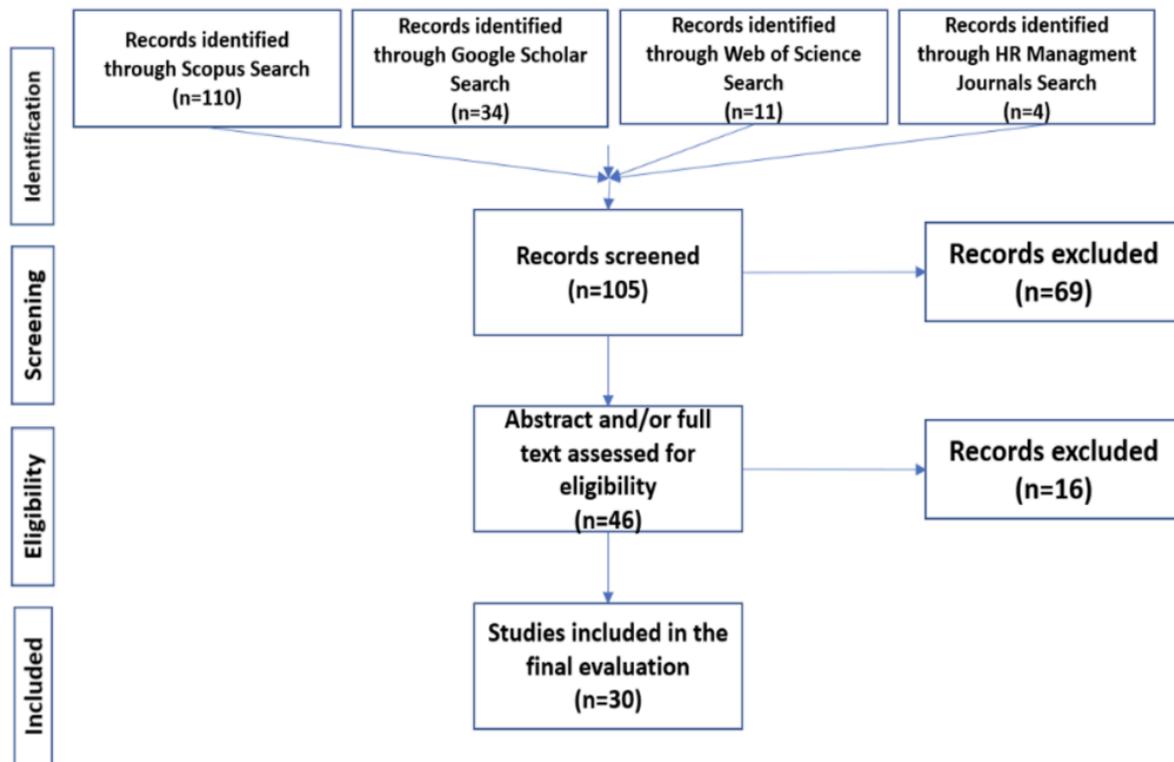


Fig. 1 Prisma flow chart

Dopo aver rimosso i duplicati, è stato effettuato uno screening iniziale basato sui titoli e gli abstract degli articoli, al fine di escludere quelli in cui i robot collaborativi e il lavoro non fossero l'argomento principale. Gli articoli rilevanti sono stati filtrati in base ai criteri di inclusione e successivamente sono stati analizzati in base ai metadati. Nella fase successiva, la rete di parole chiave è stata particolarmente utile per identificare i cluster tematici, facendo riferimento alle categorie del work design (Parker et al., 2001).

Risultati

I risultati della revisione della letteratura indicano che le prime pubblicazioni sull'argomento risalgono al 2016, quando l'adozione dei *cobot* è aumentata parallelamente allo sviluppo delle tecnologie 4.0. Per quanto riguarda i principali temi trattati nei vari paper, la Tabella 1 presenta un *overview* di come

l'introduzione del *cobot* può avere simultaneamente effetti positivi e negativi sui diversi aspetti del lavoro degli operatori dell'Industria 4.0.

Caratteristiche del lavoro		Opportunità	Minacce
Natura del lavoro	Esigenze cognitive	I <i>cobot</i> si occupano di compiti noiosi; gli operatori si concentrano su compiti apparentemente più significativi	I <i>cobot</i> si occupano di processi cognitivi come la costante ricerca di informazioni, la capacità di pensiero critico e il controllo degli ordini, quindi le richieste conoscitive si riducono.
		I <i>cobot</i> supportano compiti cognitivi come la memoria a breve termine, il miglioramento della concentrazione e la riduzione degli errori; quindi, gli operatori potrebbero trarre vantaggio dal supporto dei <i>cobot</i> .	Con machine learning i <i>cobot</i> stanno assumendo alcune attività più impegnative con tassi di precisione più elevati; quindi, il lavoro degli operatori diventa meno impegnativo.
		I <i>cobot</i> portano all'intensificazione dei compiti cognitivi che rendono il lavoro più stimolante e significativo	Il ritmo di lavoro viene imposto, aumentando il carico di lavoro mentale a causa delle esigenze temporali; Aumento del grado di interruzione del lavoro.
	Esigenze fisiche	I <i>cobot</i> eseguono compiti pesanti e di routine, scaricando l'operatore dal pesante fardello di compiti ripetitivi, faticosi e noiosi.	<p>I <i>cobot</i> consentono l'automazione di alcune attività manuali non di routine, in particolare quelle che richiedono adattabilità situazionale, riconoscimento visivo e linguistico</p> <p>I malfunzionamenti tecnologici dei <i>cobot</i> generano pressione sui tempi di consegna (nella logistica); A loro volta, i dipendenti devono lavorare ancora di più per recuperare il tempo perso in seguito.</p>
Varietà delle mansioni	<i>Cobot</i> esegue compiti ripetitivi e fisicamente impegnativi; Il lavoratore sta assumendo le parti più flessibili e ad alta variazione delle attività.	Con l'introduzione del <i>cobot</i> il numero di attività viene ridotto. Compiti come pianificare un percorso, camminare e cercare il prodotto nel magazzino, sono stati eliminati dalla descrizione del lavoro	
Autonomia	Mentre il <i>Cobot</i> esegue compiti ripetitivi e fisicamente impegnativi, si apre lo spazio per gli operatori ad assumere altri compiti (di supervisione) che consentono di usare maggiormente le capacità di comprensione, giudizio e decisione.	Con <i>cobot</i> c'è una maggiore standardizzazione dei processi di lavoro; La sequenza delle operazioni da svolgere dipende fortemente dalle funzionalità tecniche del <i>cobot</i> , (i.e. la velocità) minacciando il processo decisionale individuale.	
Competenze	L'introduzione del <i>cobot</i> richiede agli operatori di acquisire nuove competenze tecniche.	<p>L'introduzione dei <i>cobot</i> può portare a un'accelerazione della standardizzazione del ciclo produttivo e dei compiti, spostando le competenze specifiche richieste dall'operatore al <i>cobot</i>.</p> <p>Pericoli di dequalificazione dovuti anche alle tecniche di apprendimento automatico (Machine Learning) dei <i>cobot</i>.</p>	

Tabella 1: Sintesi dell'effetto dell'introduzione del *cobot* sul lavoro

Mancanza di autonomia o maggiore proattività?

Secondo diversi autori (Smids et al., 2019; Cascio et al., 2016; Lanzing, 2016, ecc.), l'introduzione dei *cobot* comporta un aumento del livello di standardizzazione del lavoro, riducendo lo spazio per la creatività e il processo decisionale e minando quindi l'autonomia del lavoratore. Ad esempio, in alcune

specifiche attività la sequenza delle operazioni da svolgere dipendeva fortemente dalla velocità e/o dal momento in cui il cobot lavorava (Welfare et al., 2019). Inoltre, i robot collaborativi incorporano sistemi di intelligenza artificiale che spesso coinvolge apprendimento automatico e reti neurali artificiali, difficili da comprendere oltre il livello superficiale da parte degli operatori. Questo fenomeno, comunemente noto come "opacità dei sistemi artificialmente intelligenti" (Burrell, 2016), può portare a sentimenti di alienazione e riduzione dell'autonomia dei dipendenti (Burrell et al., 2016), con la conseguente minore percezione da parte dell'operatore di contribuire ai risultati organizzativi generando valore aggiunto. D'altra parte, altri studi hanno presentato esempi di lavoro progettato in modo da lasciare più spazio all'azione autonoma dell'operatore. Ad esempio, Wingfield (2017) evidenzia come un dipendente di un magazzino Amazon utilizzi sicuramente di più le proprie capacità di comprensione, giudizio e decisione durante la supervisione dei robot rispetto a quando svolge altre attività (ad esempio, impilare bidoni di plastica). Berkers et al. (2022) mostrano che in uno dei magazzini osservati il lavoro è stato intenzionalmente (ri)progettato per fornire un livello più elevato di autonomia all'operatore durante la collaborazione con il cobot.

Maggiore o minore varietà dei compiti?

Diversi studi (Belhassein et al., 2022; Berkers et al., 2022) sostengono che, poiché i cobot hanno assunto alcuni compiti dei dipendenti, il numero di compiti svolti dagli operatori è diminuito e non viene compensato da nuove mansioni. Secondo Berkers et al. (2022), attività come la pianificazione di un percorso, il camminare e la ricerca di un prodotto nel magazzino non fanno più parte della descrizione del lavoro dell'operatore. Inoltre, attività più complesse come la gestione degli errori o la supervisione di un cobot vengono raramente assegnate agli operatori stessi. L'effetto prevalentemente negativo dell'introduzione dei cobot sulla varietà delle attività può essere spiegato anche dall'approccio di progettazione del lavoro focalizzato principalmente sulla funzionalità tecnologiche, e non sul design del cobot in prospettiva sociotecnica. Dall'altro lato, altri studi evidenziano che, mentre i cobot svolgono compiti ripetitivi e fisicamente impegnativi, i lavoratori possono dedicare il tempo a nuove attività ad

alto valore aggiunto. Ad esempio, i dipendenti possono occuparsi di preparare i prodotti per lo stoccaggio, pulire e riparare le macchine, programmare cobot e altri macchinari, progettare nuovi lavori collaborativi con cobot, gestire piccoli progetti interni, controllare la qualità, pianificare la produzione, realizzare disegni tecnici e svolgere altre attività nella produzione (Kadir et al., 2018).

Maggiore o minore significatività del compito?

Da una parte, la ricerca mostra che l'introduzione dei *cobot* ha comportato una riduzione di alcune attività cognitive non routinarie, come ad esempio la ricerca costante di informazioni (ad esempio, il monitoraggio sullo schermo del computer per identificare i prodotti necessari), l'esercizio del pensiero critico e il controllo degli ordini (Berkers et al., 2022; Senders et al., 2018). Lo studio di Berkers et al. (2022) fornisce esempi di *cobot* che si occupano di compiti cognitivi. Ad esempio, i *cobot* "pick to light" o "pick to voice" svolgono operazioni di picking in magazzino in modo rapido e preciso utilizzando segnali luminosi o vocali. Inoltre, il *cobot* responsabile del controllo non solo pesa le scatole, ma confronta anche il peso effettivo con quello previsto per rilevare eventuali errori, riducendo così la distanza tra l'elaborazione informatica e i processi cognitivi umani. Senders et al. (2018) sostengono inoltre che, attraverso l'apprendimento automatico (machine learning), i *cobot* assumeranno compiti sempre più impegnativi, il che potrebbe far percepire ai lavoratori una minore importanza nella propria organizzazione. Inoltre, i *cobot* consentono l'automazione di alcune attività correlate a compiti analitici cognitivi e interpersonali, che richiedono adattabilità situazionale, riconoscimento visivo e linguistico, nonché creatività, originalità, percezione sociale e risposta empatica verso la controparte umana (Acemoglu, 2018). Tuttavia, altri studi dimostrano che, quando i *cobot* si assumono alcuni compiti noiosi, gli operatori hanno la possibilità di concentrarsi su compiti apparentemente più significativi. Smids et al. (2019) e Senders et al. (2018) sostengono a tal fine che, se i dipendenti si percepiscono come membri in squadra con i robot, possono concentrarsi sul raggiungimento di migliori risultati condivisi. Questi studi suggeriscono che compiti cognitivi come la memoria a breve termine, il miglioramento della concentrazione e la riduzione degli errori potrebbero trarre vantaggio dal supporto

dei *cobot*. Inoltre, Welfare et al. (2019) evidenziano che la riduzione dei tempi di attesa ha principalmente effetti positivi per gli operatori, che utilizzano il tempo libero per svolgere altre mansioni più interessanti.

Ridurre il carico fisico e aumentare quello mentale?

Anche se i *cobot* hanno sollevato gli operatori umani da compiti faticosi e monotoni, ciò non è necessariamente percepito come un miglioramento delle condizioni di lavoro da parte dei lavoratori. Alcuni studi riportano, infatti, che il ritmo di lavoro impostato dal *cobot* può determinare arbitrariamente il ritmo di lavoro dell'operatore umano (Argyle et al., 2021), portando ad un aumento del carico di lavoro mentale durante l'attività lavorativa. Questa dinamica è influenzata dalle relazioni tra le richieste del compito fisico e cognitivo, il carico di lavoro dell'operatore, le prestazioni del compito e le influenze esterne e interne (Charles e Nixon, 2019), che a loro volta possono essere influenzate da fattori come la richiesta di tempi stretti, l'esperienza individuale e i fattori ambientali. Ad esempio, Jaehrling et al. (2018) sostengono la crescente pressione per ridurre i tempi di consegna porta gli operatori a percepire un aumento del carico di lavoro (Charles e Nixon, 2018). Lo studio di Pham et al. (2018) evidenzia inoltre che nei magazzini di Amazon, a causa della velocità e precisione dei *cobot*, gli operatori umani percepiscono un'accelerazione e un'intensificazione del lavoro. Quindi, a fronte di un alleggerimento del carico fisico, l'introduzione dei *cobot* può portare a un aumento del carico mentale per gli operatori umani, a causa del ritmo imposto dalla macchina e di altri fattori.

Upskilling o Downskilling: lo sviluppo umano viene minacciato?

L'introduzione dei *cobot* può avere effetti contrastanti sulle competenze e lo sviluppo dell'operatore umano. Da un lato, può portare a un'accelerazione della standardizzazione del ciclo produttivo e dei compiti, spostando le competenze specifiche richieste dall'operatore al *cobot*. Ciò può comportare il

rischio di dequalificazione, poiché le capacità di apprendimento dei *cobot* (*machine learning*) diventano sempre più avanzate. Di conseguenza, la necessità di addestramento degli operatori può diminuire e molte competenze dei dipendenti possono diventare obsolete. Questo può portare a una perdita di significato del lavoro e a una minore autorealizzazione dei lavoratori (Smids et al., 2019). D'altra parte, lavorare con i *cobot* può offrire opportunità di apprendimento di nuove competenze tecniche. Ad esempio, l'affrontare processi produttivi complessi con l'uso dei *cobot* richiede la programmazione intuitiva[1], che consente anche agli operatori non esperti di creare e modificare i programmi dei *cobot*, favorendo l'*upskilling* degli operatori (Berkers et al., 2022; El Zaatari et al., 2019). Tuttavia, uno studio di Parker et al. (2020) suggerisce che tali opportunità di *upskilling* sono ancora limitate e che il potenziale di miglioramento delle competenze tecniche si realizza raramente.

Implicazioni dello studio

Con l'introduzione dei *cobot* la discussione accademica e non solo si è concentrata principalmente sugli aspetti funzionali della collaborazione uomo-*cobot* e anche sulle sue implicazioni sul futuro del lavoro. In questo studio, tuttavia, abbiamo esplorato le implicazioni della collaborazione tra l'operatore umano e il *cobot* sulle caratteristiche del lavoro, come l'uso delle competenze, la varietà delle attività umana, il contenuto del lavoro e l'autonomia; secondo le teorie del *work design* tali caratteristiche sono alla base delle prestazioni individuali (Parker et al., 2017; Morgesson e Humphrey, 2006). I risultati mostrano le contraddizioni che contraddistinguono attualmente le caratteristiche del lavoro alla luce dell'introduzione dei *cobot* nei processi produttivi, nonché i rischi e le opportunità ad esse associati. Tali risultati contraddittori indicano che è importante analizzare l'adozione del *cobot* in termini di strategie di *work design* e gestione delle risorse umane. Come può la tecnologia dei *cobot* essere depotenziante e contemporaneamente abilitante a livello del compito specifico? A tal proposito, Edwards e Ramirez (2016) suggeriscono di concentrarsi su diverse dimensioni delle tecnologie 4.0,

considerandone sia gli effetti previsti che quelli non intenzionali, gli effetti diretti e quelli indiretti, per capire come la loro adozione, implementazione e utilizzo modellano il lavoro e l'organizzazione.

I risultati di questo studio forniscono implicazioni importanti per la progettazione del lavoro e per la gestione delle risorse umane. In effetti, loro sottolineano l'importanza di considerare l'integrazione dei sistemi sociale e tecnico nella progettazione del lavoro fin dalle prime fasi del processo di trasformazione tecnologica, evitando un approccio tecno-centrico. A tal fine, anche il report di Deloitte (2017) sostiene che le aziende manifatturiere che coinvolgano i dipendenti sin dall'inizio del processo di design e implementazione dei *cobot* per promuovere una corrispondenza funzionale tra le richieste della collaborazione uomo-cobot e le competenze dei lavoratori, non solo sostengono la motivazione e il coinvolgimento dei dipendenti ma raggiungono, in generale, risultati migliori (Berkers et al., 2022). Nella progettazione delle linee di produzione basate sui *cobot*, è quindi necessario evitare che i dipendenti siano assegnati a compiti monotoni e alienanti che richiedono solo competenze di base, o a compiti troppo impegnativi in cui si prevede un alto rapporto di produzione[2]. Poiché le attività lavorative possono favorire l'autostima, il riconoscimento sociale e la valorizzazione delle capacità e dei risultati individuali (Delle Fave e Massimini, 2005), la gestione delle risorse umane deve prestare attenzione agli aspetti stimolanti della progettazione del lavoro, al fine di raggiungere gli obiettivi sociali, oltre a quelli tecnologici ed economici.

References

- Acemoglu D., & Restrepo P. (2018). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. NBER, Working Paper
- Ahmad, M., Mubin, O., & Orlando, J. (2017). A Systematic Review of Adaptivity in Human-Robot Interaction. *Multimodal Technological Interactions*, 1(14).

Argyle, E. M., Marinescu, A., Wilson, M.L., Lawson, G., & Sharples, S. (2021). Physiological indicators of task demand, fatigue, and cognition in future digital manufacturing environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 145

Autor, D.H., & Salomons, A. (2018). *Is automation labor-displacing? Productivity growth, employment, and the labor share*. National Bureau of Economic Research, Cambridge.

Belhassein, K., Fern, V., Castro, F., Mayima, A., Clodic, A., Guidetti, M., Pacherie, E., Alami, R., & Cochet, H. (2022). Addressing joint action challenges in HRI: Insights from psychology and philosophy. *Acta Psychologica*, 222

Berkers, H.A., Rispens, S., & Le Blanc, L.M. (2022). The role of robotization in work design: a comparative case study among logistic warehouses. *The International Journal of Human Resource Management*. DOI: 10.1080/09585192.2022.2043925

Burrell, J. (2016). How the machine 'thinks': understanding opacity in machine learning algorithms. *Big Data & Society*, 3(1). <https://doi.org/10.1177/2053951715622512>.

Cascio, W. F., & Montealegre, R. (2016). How technology is changing work and organizations. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 3(1), 349–375.
<https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-041015-062352>

Charles, R.L., & Nixon, J. (2019). Measuring mental workload using physiological measures: a systematic review. *Appl. Ergon.*, 74, 221–232.

Delle Fave, A., & Massimini, F. (2005). The investigation of optimal experience and apathy: developmental and psychosocial implications. *European Psychologist*, 10, 264-274.

El Zaatari, S., Marei, M., Li, W., & Usman, Z. (2019). Cobot programming for collaborative industrial tasks: An overview. *Robotics and Autonomous Systems*, 116, 162-180,

Huws, U. (2014). *Labor in the Global Digital Economy*. New York: Monthly Review Press.

Jerčić, P., Hagelbäck, J., & Lindley, C. (2019). An affective serious game for collaboration between humans and robots. *Entertainment Computing*, 32.

Kadir, B. A., Broberg, O., & Souza Da Conceição, C. (2018). Designing human-robot collaborations in industry 4.0: Explorative case studies. *Proceedings of International Design Conference*, 2, 601-610.
<https://doi.org/10.21278/idc.2018.0319>

Kildal, J., Tellaeche, A., Fernández, I., & Murtua, I. (2018). Potential users' key concerns and expectations for the adoption of cobots. *Procedia CIRP*, 72, 21-26.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.104>

Mc Kinsey & Company. (2018). *Skill shift automation and the future of the workforce*. Discussion Paper.

<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/public%20and%20social%20sector/our%20insights/skill%20shift%20automation%20and%20the%20future%20of%20the%20workforce/mgi-skill-shift-automation-and-future-of-the-workforce-may-2018.pdf>

Morgeson F. P., & Humphrey, S. E. (2006). The Work Design Questionnaire (WDQ): Developing and Validating a Comprehensive Measure for Assessing Job health, ambidexterity, and more. *Annual Review of Psychology*, 65(1), 661-691.

Parker, S.K., & Grote, G. (2020). Automation, Algorithms, and Beyond: Why Work Design Matters More Than Ever in a Digital World. *Applied Psychology*, 0, 1–45.

Parker, S. K., Morgeson, F. P., & Johns, G. (2017). One hundred years of work design research: Looking back and looking forward. *Journal of Applied Psychology*, 102(3), 403.

Parker, S.K., Wall, T.D., & Cordery, J.L. (2001). Future work design research and practice: Towards an elaborated model of work design. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 74, 413–440.

Pham, Q., Madhavan, R., Righetti, L., Smart, W., & Chatila, R. (2018). The Impact of Robotics and Automation on Working Conditions and Employment [Ethical, Legal, and Societal Issues]. *IEEE Robotics Autom. Mag.*, 25, 126-128.

Pollak, A., Paliga, M., Pulpulos, M.M., Kozusznik, B., & Kozusznik, M.W. (2020). Stress in manual and autonomous modes of collaboration with a cobot. *Computers in Human Behavior*.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106469>.

Riek, L.D. (2017). Healthcare Robotics. *Communications of the ACM*, 60 (11), 68-78.

Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(3), 811-833.

Senders, J. T., Arnaout, O., Karhade, A. V., Dasenbrock, H. H., Gormley, W. B., Broekman, M. L., & Sherwani, K.I., Kumar, N., Chemori, A., Khan, M., & Mohammed, S. (2019). Rise-based adaptive control for exoskeleton to assist knee joint mobility. *Robotics and Autonomous Systems*.

Smids, J., Nyholm, S., & Berkers, H. (2019). Robots in the Workplace: a Threat to—or Opportunity for—Meaningful Work? *Philosophy and Technology*, 33, 503–522.

<https://doi.org/10.1007/s13347-019-00377-4>

Srnicek, N., & Williams, A. (2015). *Inventing the Future: Post capitalism and a World Without Work*. Verso. ISBN 978-1-78478-097-5

Van Wynsberghe, A., & Comes, T. (2020). Drones in humanitarian contexts, robot ethics, and the human–robot interaction. *Ethics and Information Technology*, 22(1), 43–53.

<https://doi.org/10.1007/s10676-019-09514-1>

Wang, B., Liu, Y., Qian, J., & Parker, S.K. (2020). Achieving Effective Remote Working During the COVID-19 Pandemic: A Work Design Perspective. *Appl. Psychol.*

Welfare, K. S., Hallowell, M. R., Shah, J. A., & Riek, L. D. (2019). Consider the Human Work Experience when Integrating Robotics in the Workplace Katherine. 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), 75–84. Wingfield, N. (2017). As Amazon pushes forward with robots, workers find new roles. *The New York Times*.

<https://www.nytimes.com/2017/09/10/technology/amazon-robots-workers.html>.

[1] Funzionalità di programmazione che dà al *cobot* la capacità di agire flessibilmente e/o essere programmato in modo intuitivo. Ad esempio, un operatore controlla un *cobot* tramite un canale di comunicazione che può essere verbale (discorso) o non verbale. Il ruolo off-line del programmatore è quello di programmare e definire le possibili azioni del *cobot* e il controllo del movimento sottostante (El-Zaatari, 2019)

[2] Il rapporto di produzione misura la produzione effettiva per un periodo. Viene misurata in ore di manodopera diretta, si confronta con le ore preventivate per un centro di produzione.

La digitalizzazione delle organizzazioni nel settore dell'agricoltura: un'analisi esplorativa su fattori abilitanti, barriere e risultati dell'adozione delle tecnologie digitali.

Chiara Cagnetti e Alessio Maria Braccini

Abstract

La digitalizzazione ha acquisito crescente rilevanza per le imprese agricole, ma la ricerca sulle implicazioni organizzative è ancora limitata. Questo articolo esplora le barriere, i fattori abilitanti e gli impatti della digitalizzazione nelle organizzazioni del settore agricolo al fine di stimolare l'interesse di ricercatori e imprese in questo ambito.

La digitalizzazione in agricoltura come innovazione del settore

Negli ultimi anni, il fenomeno della digitalizzazione nelle organizzazioni sta acquisendo sempre più importanza, ed è caratterizzato dall'integrazione delle moderne tecnologie digitali con l'obiettivo di produrre benefici nelle attività operative e in quelle amministrative e di supporto alle organizzazioni.

Come afferma Bailey et al. (2023), la digitalizzazione comporta dei cambiamenti nelle organizzazioni. Infatti, oltre a sostituire il lavoro umano, e migliorare l'efficienza organizzativa, la digitalizzazione crea nuove opportunità di collaborazione, sia interne, che con l'ambiente esterno. Le tecnologie digitali rappresentano perciò un elemento integrativo nelle organizzazioni, in grado di generare dati e

informazioni utili nei processi decisionali e nelle relazioni con le altre imprese. Recentemente, anche le imprese del settore agricolo hanno avviato un processo di digitalizzazione che, nel tempo, contribuirà alla trasformazione delle loro attività operative e dei processi amministrativi e gestionali.

In letteratura, i primi studi sulla digitalizzazione delle imprese agricole iniziano già negli anni 90, quando le tecnologie venivano applicate alla dimensione operativa per migliorare le pratiche di coltivazione. Pertanto, nella letteratura viene spesso utilizzato il termine di agricoltura di precisione per riferirsi a questo tipo di adozione. Con il passare del tempo, e con il progresso dell'innovazione digitale, aumenta anche la varietà e la profondità di utilizzo delle tecnologie digitali all'interno delle imprese agricole. In letteratura appaiono quindi numerosi nuovi termini utilizzati per identificare il fenomeno della digitalizzazione delle imprese agricole. Ad oggi non esiste una terminologia unica e condivisa e anzi c'è il rischio della frammentazione della ricerca su questo ambito. Per uniformità, in questo lavoro, utilizzeremo solo il termine di Agricoltura 4.0 per indicare ogni ambito di applicazione – operativo o amministrativo – delle tecnologie digitali nelle imprese del settore agricolo, con l'obiettivo di supportare e automatizzare i processi, raccogliere dati e informazioni e identificare soluzioni utili per una migliore gestione.

Agricoltura 4.0 permette di generare numerosi benefici e affrontare numerose sfide dal punto di vista della sostenibilità sociale, economico e ambientale. Agricoltura 4.0 sta diventando sempre più rilevante per le imprese e in letteratura. Gli studi sulle implicazioni trasformative nelle organizzazioni del settore agricolo stanno aumentando. Gran parte degli studi si soffermano però sulla dimensione tecnica o agronomica, considerando solo potenzialità e difficoltà di integrazione delle tecnologie.

Per avere una visione integrata sull'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole, l'obiettivo del nostro lavoro è quello di adottare una prospettiva organizzativa per identificare le barriere, i fattori abilitanti e gli impatti della digitalizzazione in Agricoltura 4.0 così da formulare implicazioni sia per la

ricerca della digitalizzazione in tale ambito, sia per le imprese che intendono avviare questo processo di innovazione.

Metodo

Il nostro studio si basa su una rassegna della letteratura scientifica fatta definendo una serie di criteri di ricerca che ci hanno permesso di identificare articoli rilevanti da analizzare. La ricerca della letteratura è stata fatta su SCOPUS, un database online che copre numerosi ambiti disciplinari, compresi quelli di nostro interesse. La ricerca su SCOPUS è stata condotta utilizzando le seguenti parole chiavi: digital transformation, digital technology, information technology, farm e agriculture. Le parole chiavi utilizzate sono generiche proprio perché la ricerca sulla digitalizzazione in agricoltura è ancora frammentata.

Per raffinare la nostra ricerca, abbiamo poi applicato i seguenti criteri:

- Selezionato solamente articoli pubblicati in riviste scientifiche;
- Considerato gli articoli pubblicati tra il 2010 e il 2022;
- Scelto solamente gli articoli pubblicati in lingua inglese;
- Utilizzato "Business, Management e Accounting" di SCOPUS come area tematica di nostro interesse.

La ricerca ha restituito un totale di 3.170 articoli, dai quali abbiamo selezionato solamente gli articoli che (1) trattano il fenomeno della digitalizzazione nelle imprese agricole e (2) che affrontano le fasi di pre-, post-, e adozione in modo da poter identificare fattori abilitanti, barriere e impatti. La selezione è stata fatta prima leggendo gli abstract e il titolo, e successivamente attraverso una lettura full-text.

Il processo di revisione è sintetizzato in tabella 1 esplicitando la stringa, i criteri di ricerca e le fasi di selezione degli articoli.

Componenti	Descrizione
Database di ricerca	SCOPUS
Parole chiave di ricerca	digital transformation; digital technology; information technology; agriculture; farm Subject area: Business, management, and accounting Anni di studio: 2010-2020
Criteri di ricerca	Tipo di fonte: Riviste scientifiche Linguaggio: Inglese Tipo di documenti: Articoli scientifici
Numero totale di articoli	3170
Selezione di titolo e riassunto	276
Selezione dei testi completi	210
Numero totale di articoli selezionati	48

Tabella 1. Sintesi del processo di revisione della letteratura

Una volta completato il processo di selezione degli articoli, abbiamo iniziato la ricerca dei fattori utili per raggiungere il nostro obiettivo di analisi. Dalla lettura, a seconda della tipologia di studio, concettuale o empirico, abbiamo identificato una serie di fattori attraverso una codifica qualitativa. Abbiamo quindi classificato i fattori in abilitanti, barriere e impatti della digitalizzazione delle imprese agricole, tenendo conto della presenza dei fattori individuati all'interno dei modelli teorici validati in letteratura. L'individuazione dei fattori, l'analisi e la relativa classificazione ha seguito un approccio iterativo, con un confronto continuo tra gli autori per arrivare a un accordo sulla classificazione.

Nel processo di analisi ci siamo basati sulla seguente concettualizzazione. Consideriamo fattore ogni elemento – sia esso una variabile in uno studio quantitativo, o un concetto in uno studio qualitativo – in grado di influenzare la digitalizzazione all'interno delle imprese agricole. Questi fattori poi possono avere un diverso ruolo nelle fasi di adozione della tecnologia. Pertanto, consideriamo fattori abilitanti e barriere i fattori che hanno, rispettivamente, un impatto positivo e negativo nelle fasi di preadozione e adozione. Consideriamo invece impatti i fattori che producono cambiamenti su varie dimensioni organizzative, sia interne che esterne. Nell'analisi dei fattori abbiamo adottato una prospettiva

sociotecnica considerando non solo la tecnologia come in altri studi della letteratura, ma l'interazione tecnologia-individuo-organizzazione.

Analisi e risultati

Per facilitare la presentazione dei risultati dell'analisi abbiamo deciso di suddividere i fattori individuati nei seguenti ambiti esplorativi: economico, demografico, comportamentale e organizzativo. L'analisi mostra che, spesso, i fattori estrapolati dalla letteratura sono provenienti da modelli teorici validati tra le teorie dei sistemi informativi quali, Technology Acceptance Model (TAM), Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT), Technology - Organization - Environmental Framework (TOE), and Resource Based View (RBV). Nelle sezioni seguenti analizziamo separatamente i fattori di adozione, le barriere e i risultati per fornire una visione più dettagliata, considerando una classificazione dei fattori anche per ambito di interesse.

Fattori abilitanti

Il gruppo dei "fattori abilitanti" comprende i fattori che incentivano le organizzazioni ad avviare il processo di digitalizzazione nelle imprese agricole. Il gruppo dei fattori abilitanti è il più ampio della nostra ricerca e comprende variabili legate agli ambiti di interesse demografico, comportamentale, tecnologico e organizzativo.

Il primo fattore identificato è rappresentato dalle *motivazioni degli adottanti*, un fattore legato alla dimensione comportamentale degli individui che costituisce un incentivo all'utilizzo delle tecnologie digitali nelle imprese agricole. Gli adottanti sono rappresentati da stakeholder interni alle imprese, ma nella maggior parte dei casi anche da stakeholder esterni, i quali svolgono attività che incentivano l'adozione. In particolare, troviamo i consulenti agricoli, centri di ricerca, esperti di Information Technology (IT) e infine, gli agricoltori. I consulenti agricoli sono figure esperte che operano a stretto

contatto con gli agricoltori, supportandoli nelle scelte e questioni relative all'introduzione della digitalizzazione delle attività operative, amministrative e gestionali nelle imprese agricole.

I centri di ricerca sono composti da figure che lavorano nei progetti, in contiguità con imprese agricole, associazioni di settore e università, promuovendo ricerche, spesso anche trasversali, sulle tematiche di Agricoltura 4.0. Successivamente troviamo gli esperti di IT, ovvero figure con competenze in digitalizzazione che offrono tecnologie digitali e attività di supporto. Spesso, gli esperti di IT sono rappresentati anche da ricercatori, i quali promuovono e diffondono ricerche scientifiche sulle tematiche di Agricoltura 4.0. Infine, troviamo l'agricoltore, una delle figure più importanti che svolge attività operative e spesso anche, amministrative e decisionali, che è incentivato all'utilizzo delle tecnologie digitali nelle attività delle imprese, perché favoriranno benefici in termini di efficienza ed efficacia.

Proseguendo troviamo le *competenze*, le quali rappresentano una caratteristica che, soggetti interni ed esterni all'organizzazione, devono possedere per contribuire all'adozione delle tecnologie digitali. All'interno degli studi le competenze sono riferite ad alcune figure salienti, tra i quali l'agricoltore, il manager, il contoterzista, l'esperto di IT. Queste figure devono acquisire competenze attraverso una loro riqualificazione, ovvero incrementando la conoscenza degli strumenti digitali. In caso di assenza di personale interno qualificato, l'acquisizione delle necessarie competenze viene effettuata anche tramite l'assunzione di figure esperte.

Altri fattori importanti sono rappresentati dalla *facilità d'uso* e dalla *facilità d'uso percepita*, considerate come attributi che condizionano l'adozione. Infatti, percepire una tecnologia digitale come un elemento facile da usare e in grado di condizionare le attività operative, genera soddisfazione verso chi lo utilizza e di conseguenza motivazione all'adozione.

Successivamente troviamo la *collaborazione tra le imprese*, la quale rappresenta un lavoro congiunto tra figure di organizzazioni differenti, basato sullo sviluppo di relazioni interne ed esterne. Le imprese

agricole, attraverso uno scambio di dati e informazioni con altre imprese, riescono a raggiungere specifici obiettivi, anche congiunti. La collaborazione può nascere, ad esempio, tra imprese agricole e sviluppatori di tecnologie, i quali, in sinergia tra loro, cercano di realizzare tecnologie applicative utili in specifiche attività operative. Attraverso la collaborazione, le imprese riescono a superare le difficoltà causate dalla mancanza di risorse umane che limitano l'adozione delle tecnologie ma soprattutto la collaborazione permette di sviluppare un'ambiente di lavoro favorevole e aperto a soluzioni innovative e digitali.

Infine, troviamo i fattori che rappresentano le caratteristiche demografiche degli individui, ovvero l'*età*, dove la giovane età incentiva l'utilizzo delle tecnologie grazie alle maggiori competenze possedute, in ambito digitale, ma anche dalla volontà di imparare.

Rientra tra i fattori abilitanti anche la *dimensione dell'impresa* misurata solitamente sulla base del fatturato e del numero di lavoratori e infine, il sesso. Nella maggior parte dei casi sono gli uomini che hanno una maggiore presenza all'interno delle imprese agricole, non solo dal punto di vista imprenditoriale, ma anche lavorativo. Gli uomini rispetto alle donne hanno da sempre avuto maggiori risorse, anche in termini di beni territoriali, evidenziando un guadagno e una produttività superiore.

La tabella 2 di seguito sintetizza e classifica i fattori abilitanti in ambiti di interesse.

Organizzativi	Demografici	Comportamentali	Tecnologici
Collaborazione tra impresa Dimensione Competenze	Sesso Età	Facilità d'uso percepita Comportamenti adottanti	Facilità d'uso

Tabella 2. Classificazione dei fattori abilitanti per ambiti di interesse

Barriere

Il gruppo delle barriere è composto dall'insieme di fattori che creano ostacoli o non permettono di completare il processo di digitalizzazione delle imprese agricole. Dall'analisi della letteratura emergono quattro barriere.

La prima è la ***mancanza di competenze*** da parte degli stakeholder interni ed esterni all'organizzazione. Gli stakeholder interni all'organizzazione sono rappresentati da figure che operano all'interno delle attività produttive e la mancanza di competenze, principalmente digitali, incentiva le organizzazioni ad utilizzare tecniche produttive tradizionali, limitando il processo di digitalizzazione. Gli stakeholder esterni all'impresa rappresentano tutte quelle figure in contatto con l'impresa ma che non contribuiscono alle operazioni interne. L'assenza di competenze degli stakeholder esterni si verifica, ad esempio, quando le società di servizi non sono in grado di proporre nuove tecnologie digitali da adottare nelle imprese agricole per migliorare le attività operative o amministrative, oppure quando i competitor non sono in grado di promuovere innovazione digitale nel mercato.

Successivamente troviamo l'assenza di ***incentivi fiscali*** o ***finanziari***, dove gli incentivi rappresentano una forma di indirizzo economico e governativo che spinge le imprese agricole ad innovare. L'assenza degli incentivi politici rallenta la digitalizzazione delle imprese agricole, soprattutto delle piccole imprese, le quali non dispongono di liquidità sufficiente per attuare cambiamenti e intraprendere investimenti. Attuare investimenti, senza disporre di una copertura finanziaria adeguata, è da sempre considerata un'attività rischiosa, in grado di causare perdite economiche per le imprese.

Altra barriera importante è rappresentata dal ***comportamento degli adottanti***, ovvero degli stakeholder interni all'organizzazione, che assumono atteggiamenti riluttanti quando le tecnologie digitali vengono adottate, temendo possibili problemi nelle attività operative. Il comportamento degli adottanti dipende da una serie di elementi come la mancanza di competenze, l'assenza di modernità e la sfiducia verso l'adozione delle tecnologie digitali, i quali influiscono negativamente sull'adozione delle tecnologie, riducendo la probabilità di ottenere benefici dalla loro adozione.

Infine, l'ultima barriera è rappresentata dalla **resistenza al cambiamento**, dal punto di vista individuale, generato dall'insoddisfazione nelle singole attività operative dell'organizzazione, dove non vengono riconosciuti i miglioramenti che le tecnologie sono in grado di apportare. Le insoddisfazioni nascono perché, dal punto di vista organizzativo, l'adozione delle tecnologie digitali non è in grado di offrire potenzialità e introdurre nuove tecniche rispetto a quelle già esistenti nelle imprese agricole.

Economiche	Comportamentali	Tecnologiche
Mancanza incentivi fiscali o finanziari	Comportamento degli adottanti Resistenza al cambiamento	Mancanza di competenze

Tabella 3. Classificazione delle barriere per ambiti di interesse

Impatti

L'ultimo gruppo di fattori è rappresentato dagli impatti derivanti dalla digitalizzazione nelle imprese agricole, i quali evidenziano i benefici che la digitalizzazione è in grado di generare. Gli impatti identificati dall'analisi della letteratura sono cinque e vengono descritti di seguito.

I primi impatti identificati riguardano le prestazioni aziendali sulle dimensioni della **produttività**, della **redditività** e del **vantaggio competitivo**. Le tecnologie digitali vengono integrate in attività e processi, così da incrementare i controlli per una migliore gestione dei rischi e promuovono una produzione che oltre a generare prodotti di qualità, permette di migliorare la produzione mediante attività sempre più automatizzate.

Per incrementare la redditività, le imprese agricole beneficiano di investimenti diretti all'attuazione della digitalizzazione nelle imprese agricole, ma anche di politiche agricole comunitarie (PAC), le quali massimizzano l'utilità delle imprese, offrendo sussidi necessari per incentivare e accrescere l'impresa. Infine, le imprese che adottano le tecnologie digitali generano un **vantaggio competitivo** dovuto alla

realizzazione di nuovi modelli di business, in grado di comprendere e anticipare i cambiamenti, offrendo valore aggiunto rispetto alle imprese concorrenti del settore.

Proseguendo troviamo *la produzione e diffusione di dati e informazioni* in grado di generare vantaggi dal punto di vista economico e decisioni efficaci dal punto di vista manageriale, organizzativo e produttivo. La diffusione di dati e informazioni consente di scambiare e percepire rapidamente informazioni utili per l'individuazione di sfide e cambiamenti. I dati raccolti attraverso le tecnologie digitali possono riguardare vari aspetti, come pratiche agronomiche relative alla semina, fertilizzanti e parassiti, oppure relativi agli allevamenti. Tutte queste informazioni sono utili alle organizzazioni durante il processo decisionale, perché basate sulla consapevolezza degli eventi passati e sulla necessità di evitare nuovi errori nel futuro.

Infine, troviamo *l'automatizzazione dei processi*, i quali diventano sempre più digitalizzati grazie all'adozione delle tecnologie digitali, come i robot che sostituiscono le capacità tradizionali dell'individuo nello svolgimento di attività operative. L'automazione dei processi comporta cambiamenti dal punto di vista organizzativo e culturale; infatti, le organizzazioni devono essere in grado di valutare attentamente le soluzioni proposte, considerando l'automazione come un'opportunità in grado di soddisfare le esigenze dell'organizzazione. Dal punto di vista culturale, l'automazione identifica e stabilisce una serie di valori fondamentali in grado di sostenere il cambiamento. Perciò, l'automazione necessita di nuovi valori e comportamenti necessari per raggiungere gli obiettivi aziendali.

Infine, l'automazione permette di incrementare la capacità produttiva poiché introduce nuove procedure e maggiori controlli e incentiva una gestione manageriale in grado di utilizzare in maniera efficiente le risorse umane, materiali e finanziarie.

Di seguito, la tabella 4 suddivide gli impatti individuati dalla rassegna della letteratura in ambiti di interesse, per una visione più chiara e sintetica.

Tecnologico	Economico
Produzione e diffusione dei dati	Produttività
Automazione dei processi	Redditività
	Vantaggio competitivo

Tabella 4. Classificazione degli impatti per ambiti di interesse

Implicazioni

I risultati individuati dalla rassegna della letteratura evidenziano implicazioni teoriche e manageriali. In primo luogo, la rassegna della letteratura individua un ampio numero di fattori. Le tabelle 5, 6 e 7 elencano, in frequenze assolute e in percentuale (sul totale del campione di articoli) la rilevanza dei fattori identificati in letteratura, suddivisi per ambito di interesse e per fattori abilitanti, barriere e impatti di adozione. Per ciascun ambito è possibile identificare almeno un fattore più importante, i quali contribuiscono all'adozione delle tecnologie digitali. In sintesi, i fattori maggiormente studiati e analizzati sono la collaborazione tra imprese, le competenze, la produzione e diffusione di dati, l'automazione dei processi e la produttività.

Ambiti	Fattori	<i>n</i>	<i>f</i>
Organizzativi	Collaborazione tra imprese	12	17%
	Competenze	14	20%
	Dimensione	9	13%
Demografici	Età	7	10
	Sesso	2	2%
Comportamentali	Comportamento adottanti	6	9%
	Facilità d'uso percepita	4	5%
Tecnologici	Facilità d'uso	2	2%

Tabella 5. Percentuale rilevanza dei fattori abilitanti

Ambiti	Fattori	n	f
Organizzativi	Mancanza di competenze	14	20%
Economici	Mancanza di incentivi fiscali o finanziari	2	2%
Comportamentali	Resistenza al cambiamento	6	9%
	Comportamento degli adottanti	3	4%

Tabella 6. Percentuale di rilevanza delle barriere di adozione

Ambiti	Fattori	n	f
Economici	Produttività	11	16%
	Redditività	7	10%
	Vantaggio competitivo	1	1%
Organizzativi	Automazione dei processi	13	19%
Tecnologici	Produzione e diffusione dati	22	33%

Tabella 7. Percentuale di rilevanza degli impatti di adozione

La tabella 8 di seguito sintetizza i fattori identificati dalla letteratura, suddivisi per barriere, fattori abilitanti e risultati di adozione della digitalizzazione e classificati per ambito di interesse (organizzativo, economico, demografico, comportamentale e tecnologico).

	Economici	Organizzativi	Demografici	Comportamentali	Tecnologici
Fattori abilitanti		Collaborazione tra imprese Dimensione Competenze	Sesso Età	Facilità d'uso percepita Comportamento degli adottanti	Facilità d'uso
Barriere	Mancanza incentivi fiscali o finanziari	Mancanza di competenze		Resistenza al cambiamento Comportamento degli adottanti	
Impatti	Produttività Redditività Vantaggio competitivo	Automazione dei processi			Produzione e diffusione dati

Tabella 8. Sintesi dei fattori in gruppi e ambito di interesse

Analizzando le tabelle precedenti, evidenziamo le implicazioni dal punto di vista della ricerca, manageriali e di policy.

Per quanto riguarda le implicazioni teoriche, in primo luogo, durante la classificazione e descrizione di ogni singolo fattore, abbiamo identificato la presenza di una dualità. Alcuni fattori, classificati ovviamente nello stesso ambito di interesse, potrebbero presentarsi sia come una barriera sia come fattore abilitante. Tale situazione si verifica per le competenze, le quali sono necessarie per adottare e utilizzare le tecnologie e vengono acquisite mediante corsi di formazione o attraverso l'assunzione di personale qualificato. Questo rende le competenze un fattore abilitante. L'assenza di competenze invece, non permette di realizzare i possibili benefici derivanti dall'adozione delle tecnologie digitali ed avviare il processo di trasformazione. Pertanto, le competenze – nel caso di una loro assenza – diventano una barriera. In secondo luogo, sempre dall'analisi condotta, notiamo la presenza di relazioni tra fattori classificati in differenti ambiti di interesse. Considerando l'ambito economico, notiamo che è presente la barriera relativa alla mancanza di incentivi fiscali o finanziari, la quale limita la digitalizzazione delle imprese agricole a causa dell'assenza di risorse finanziarie per introdurre innovazioni nelle imprese. Dagli studi che abbiamo analizzato in letteratura, abbiamo identificato che la mancanza di incentivi fiscali o finanziari viene spesso studiata in relazione alle prestazioni aziendali, sotto il punto di vista della produttività, redditività e vantaggio competitivo. Per quanto riguarda gli ambiti organizzativi, troviamo la collaborazione tra imprese agricole, la dimensione e le competenze che compongono i fattori abilitanti. Sempre in tale ambito, rientra la mancanza di competenze nelle barriere e l'automazione dei processi, come impatto dell'adozione.

Gli aspetti demografici, come il sesso, l'età e la dimensione aziendale sono presenti solamente nei fattori abilitanti poiché rappresentano caratteristiche che le imprese agricole devono avere per incentivare l'adozione della digitalizzazione. Dall'analisi della letteratura, abbiamo identificato che, molto spesso, la dimensione dell'impresa è analizzata in relazione ai fattori che caratterizzano le prestazioni aziendali, soprattutto in relazione alla redditività. In particolare, le imprese devono avere un reddito elevato per poter avviare un processo di digitalizzazione, a causa degli alti costi basati

sull'adozione delle tecnologie digitali. Altrimenti, la concessione di incentivi fiscali e finanziari, potrebbe essere la soluzione efficace per intraprendere un processo di digitalizzazione.

Anche l'età, considerando gli studi analizzati, viene spesso studiata in relazione alle competenze. Molti studi dimostrano che la giovane età influisce sull'adozione delle tecnologie, dato che, i giovani agricoltori, possiedono maggiori competenze di tipo digitale. Per quanto riguarda l'ambito comportamentale, notiamo che i fattori sono presenti sia nelle barriere che nei fattori abilitanti. Se dal lato dei fattori abilitanti la facilità d'uso rappresenta una motivazione positiva che spinge l'impresa ad utilizzare le tecnologie digitali, dal lato delle barriere troviamo il comportamento degli adottanti che considerano rischiose le tecnologie digitali, promuovendo comportamenti conservatori, resistenza al cambiamento, ovvero insoddisfazione nell'adozione delle tecnologie digitali, con assenza di miglioramenti visibili nelle imprese agricole. Dalla letteratura emerge che il comportamento degli adottanti è strettamente collegato con la mancanza di competenze.

Infine, l'ambito tecnologico caratterizza ovviamente tutti i gruppi di riferimento. Tra queste notiamo che la facilità d'uso, intesa come caratteristica funzionale della tecnologia, trova collegamenti con le prestazioni aziendali che l'impresa agricola realizza grazie all'adozione delle tecnologie digitali. Anche le competenze hanno legami con la facilità d'uso perché le aiutano a capire come utilizzare in maniera facile una tecnologia. Per quanto riguarda gli impatti prodotti dalla tecnologia, troviamo la produzione di dati e informazioni che incentivano il raggiungimento degli obiettivi aziendali, la collaborazione tra imprese e l'automazione dei processi. Dalla letteratura notiamo che l'impatto evidenzia un'ambivalenza con il fattore relativo alla collaborazione tra imprese, dove la diffusione di dati e informazioni, incentiva il raggiungimento degli obiettivi congiunti. In terzo luogo, considerando sempre la Figura 1, notiamo che diversi fattori identificati dalla rassegna della letteratura, sono già validati in specifiche teorie dei sistemi informativi. I fattori non testati dalle teorie dei sistemi informativi, ma inclusi nel nostro studio sono la mancanza di incentivi fiscali o finanziari, l'automazione dei processi, la resistenza al

cambiamento, la produttività e la redditività. I fattori, pur non essendo inclusi in modelli teorici consolidati, hanno comunque validità esterna perché rientrano nei fattori che compongono la teoria TOE, la quale descrive in modo astratto le determinanti dell'adozione e interazione tra individuo-tecnologia-organizzazione. Infine, l'ultima implicazione di ricerca, evidenzia la possibilità di mettere in relazione i fattori identificati dalla rassegna della letteratura con le tecnologie digitali attualmente utilizzate nelle imprese agricole, con l'obiettivo di studiare approfonditamente e dettagliatamente il fenomeno della digitalizzazione nelle imprese agricole. La ricerca evidenzia anche implicazioni di tipo manageriale. Alcuni fattori hanno maggiore rilevanza nell'adozione delle tecnologie digitali, come le competenze. Le imprese devono dotarsi di stakeholder con competenze, principalmente digitali, così da riuscire a adottare qualsiasi tipo di tecnologia, ma soprattutto che siano in grado di risolvere eventuali problematiche che potrebbero sorgere. La mancanza di competenze è considerata un presupposto di non adozione delle tecnologie, dato che le imprese non dispongono di skill necessari per avviare un processo di trasformazione. Discorso analogo può essere fatto per lo sviluppo di collaborazione tra le imprese, dove i rapporti positivi tra imprese, non esclusivamente dello stesso settore, aiutano non solo ad incrementare le competenze, ma anche allo svolgimento di specifiche attività come la raccolta, diffusione, confronto di dati e informazioni utili per una corretta gestione organizzativa e per l'incremento dell'attività produttiva. Infatti, la produttività, è uno degli impatti dell'adozione delle tecnologie che attraverso la loro integrazione nei processi, sempre più automatizzati, riescono a incrementare la produzione, non solo in termini numerici ma anche qualitativi. La rassegna della letteratura identifica infine anche implicazioni di policy. La concessione di incentivi fiscali o finanziari permette alle imprese agricole di adottare le tecnologie digitali per attuare processi di trasformazioni. La concessione di incentivi e finanziamenti costituisce quindi uno stimolo per le imprese agricole per sfruttare le opportunità del digitale che i policy maker potranno adottare per stimolare l'innovazione all'interno del settore agricolo.

Bibliografia

Bailey, D. E., Faraj, S., Hinds, P. J., Leonardi, P. M., & von Krogh, G. (2022). We Are All Theorists of Technology Now: A Relational Perspective on Emerging Technology and Organizing. *Organization Science*, 33(1), 1–18. <https://doi.org/10.1287/ORSC.2021.1562>

Carmela Annosi, M., Brunetta, F., Capo, F., & Heideveld, L. (2020). Digitalization in the agri-food industry: the relationship between technology and sustainable development. *Management Decision*, 58(8), 1737–1757. <https://doi.org/10.1108/MD-09-2019-1328>

Chuang, J. H., Wang, J. H., & Liang, C. (2020). Implementation of internet of things depends on intention: Young farmers' willingness to accept innovative technology. *International Food and Agribusiness Management Review*, 23(2), 253–266. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2019.0121>

Long, T. B., Blok, V., & Coninx, I. (2016). Barriers to the adoption and diffusion of technological innovations for climate-smart agriculture in Europe: Evidence from the Netherlands, France, Switzerland and Italy. *Journal of Cleaner Production*, 112, 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.044>

Ronaghi, M. H., & Forouharfar, A. (2020). A contextualized study of the usage of the Internet of things (IoT) in smart farming in a typical Middle Eastern country within the context of Unified Theory of Acceptance and Use of Technology model (UTAUT). *Technology in Society*, 63. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101415>

Smart agrifood: rivoluzione digitale e sfide organizzative

Laura Roma e Rocco Agrifoglio

Abstract

La ricerca si pone un duplice obiettivo, ovvero fornire una panoramica delle tecnologie emergenti utilizzate dalle aziende che operano nel settore dell'agrifood e individuare gli impatti organizzativi derivanti dall'utilizzo di tali tecnologie a diversi livelli di analisi (individuo, organizzazione e rete).

Introduzione

L'agroalimentare (agrifood) è uno tra i principali settori che risulta interessato dall'impiego di nuove tecnologie per favorire l'innovazione agricola e la produzione alimentare. La crescita della popolazione mondiale, che ha raggiunto gli 8 miliardi di persone ad inizio 2023 e si stima supererà i 9,5 miliardi nel 2050 (ONU, 2022), i cambiamenti climatici e la scarsità delle risorse stanno spingendo numerosi studiosi ed operatori del settore all'individuazione di soluzioni in grado di rendere l'agricoltura più efficiente e sostenibile. Tra le diverse soluzioni individuate un contributo sostanziale è ascrivibile alle tecnologie emergenti. Si pensi, ad esempio, alle nuove opportunità offerte dall'agricoltura di precisione^[1] che, grazie all'impiego di specifiche tecnologie quali le immagini satellitari, i droni, i sensori del suolo, ecc., consente la riduzione nei consumi di acqua per l'irrigazione (circa il 20%), di fertilizzanti (circa il 30%) e pesticidi (circa il 21%) (EDF e EI, 2023; SPRA, SNPA e TEA, 2021).

Lo sviluppo e l'impiego di tali tecnologie hanno offerto nuove opportunità per gli operatori del settore, contribuendo al miglioramento della produttività agricola delle aziende di produzione e di trasformazione e favorendo l'integrazione tra gli attori della filiera agroalimentare. Dunque, i vantaggi derivanti dall'utilizzo delle nuove tecnologie si rilevano non solo alla base della catena di produzione,

dove satelliti, stazioni meteorologiche, tecnologie blockchain e sistemi di machine learning vengono impiegati per la raccolta e l'analisi dei dati relativi allo stato del suolo e al monitoraggio delle colture (agricoltura di precisione), ma lungo l'intera filiera produttiva, favorendo la riduzione del numero degli intermediari e migliorando il coordinamento tra gli attori della filiera.

La presente ricerca si pone un duplice obiettivo, ovvero fornire una panoramica delle tecnologie emergenti utilizzate dalle aziende che operano nel settore dell'agrifood e individuare gli impatti organizzativi derivanti dall'utilizzo di tali tecnologie a diversi livelli di analisi (individuo, organizzazione e rete).

La metodologia di ricerca utilizzata è l'analisi di tipo quali-quantitativo condotta attraverso l'utilizzo di una revisione sistematica della letteratura (SLR). Dall'analisi dei risultati della letteratura effettuata attraverso uno dei principali database accademici, ovvero Scopus, si è provveduto all'individuazione ed analisi della produzione scientifica sul tema dell'Agricoltura 4.0 (Agriculture 4.0) ottenendo un dataset finale composto da 57 risultati. L'analisi dei prodotti di ricerca presenti nel dataset ha consentito l'individuazione (i) delle tecnologie emergenti impiegate nel settore dell'agrifood e (ii) dei principali impatti organizzativi derivanti dall'utilizzo di tali tecnologie.

La ricerca offre interessanti spunti di riflessione sugli effetti organizzativi derivanti dall'adozione ed uso delle principali tecnologie digitali nel settore dell'agrifood.

Agricoltura 4.0

La trasformazione digitale (digital transformation) rappresenta un fenomeno evolutivo che interessa le organizzazioni, il sistema economico e, più in generale, l'intera società. Le tecnologie emergenti promuovono la sostenibilità e in questo caso l'agroecology, contribuendo attivamente allo sviluppo degli SDGs in termini di miglioramento dei mezzi di sussistenza, riduzione del lavoro individuale,

soprattutto per i piccoli agricoltori, e migliorando i rendimenti delle colture rispetto ai risultati ottenibili con pratiche tradizionali. In tal senso, l'impiego delle tecnologie per l'automazione e per l'agricoltura 4.0 aumenta la produzione agricola e favorisce la diversificazione, contribuendo così a ridurre la dipendenza da prodotti alimentari provenienti da zone di produzione lontane e promuovendo l'adozione di stili alimentari più sani grazie all'ottimizzazione delle colture in base alle caratteristiche morfologiche del territorio. (FAO, 2020; EDF e EI, 2023). L'impiego di nuove tecnologie digitali, divenute sempre più pervasive all'interno di diversi ambiti applicativi, non solo ha rivoluzionato i tradizionali modelli di business delle organizzazioni, ma sta apportando profondi cambiamenti anche nella sfera personale e professionale degli individui. Sebbene la trasformazione digitale stia apportando notevoli vantaggi per i consumatori, gli imprenditori e la società, l'evidenza empirica registra le difficoltà di alcune organizzazioni nel fronteggiare i cambiamenti derivanti dall'adozione ed impiego delle tecnologie emergenti. La semplice adozione di tecnologie emergenti non risolve le sfide che le organizzazioni si trovano ad affrontare per essere competitive in un mondo digitale. A tal fine è necessario definire delle strategie di trasformazione digitale che tengano conto della struttura e dei processi organizzativi, nonché dei modelli culturali presenti nell'organizzazione. È possibile asserire, dunque, che la capacità delle aziende nel fronteggiare e rispondere ai mutevoli cambiamenti in atto derivi soprattutto dall'abilità degli imprenditori e dei manager nell'individuare la giusta combinazione tra l'organizzazione, la tecnologia e l'ambiente.

La digital transformation sta interessando diversi settori economici, tra cui l'agricoltura, dove si registrano notevoli miglioramenti nei processi produttivi e di trasformazione, nei sistemi di approvvigionamento alimentare e nelle relazioni di filiera. In tale settore, l'impiego di tecnologie innovative, quali, ad esempio, l'Internet of Things (IoT) e la sensoristica, il farm management information system, i big data, il cloud computing, l'intelligenza artificiale e il machine learning e la tecnologia blockchain, ha sancito il passaggio dall'agricoltura di precisione (precision farming), che prevede l'utilizzo di tecnologie digitali per interventi specifici -e.g., efficientare l'irrigazione o la

somministrazione di antiparassitari e pesticidi-, all'Agricoltura 4.0. L'Agricoltura 4.0, dunque, è il risultato dell'impiego delle succitate tecnologie digitali per migliorare l'efficienza e la sostenibilità delle coltivazioni e della trasformazione dei prodotti, nonché il coordinamento tra tutti gli attori della filiera nel campo dell'agrifood. I sistemi di mappatura e coltivazione di terreni come l'utilizzo integrato di applicazioni per il telerilevamento e di sistemi informativi territoriali (Geographic Information System, GIS) consentono di raccogliere e monitorare in tempo reale i dati sulla composizione del suolo, sulle condizioni meteorologiche e sulla crescita delle colture. Inoltre, i dati raccolti vengono trasmessi a software specifici e/o archiviati nel cloud, che è accessibile anche da remoto attraverso qualsiasi device, nonché trasformati in informazioni utili agli utenti per prendere decisioni più puntuali e precise in merito alla semina, all'irrigazione, alla fertilizzazione e al controllo dei parassiti. Più in generale, è possibile asserire che l'integrazione tra tali applicazioni favorisce il monitoraggio e il controllo, nonché il processo di decision-making degli imprenditori e dei dirigenti delle aziende agricole (Spanaki et al., 2021). La tecnologia blockchain, invece, consente un miglior coordinamento tra gli attori della filiera dell'agrifood attraverso la condivisione trasparente di informazioni e la certificazione della qualità e della sostenibilità della produzione lungo tutta la filiera agroalimentare (Dal Mas et al., 2023).

La trasformazione digitale nell'agrifood è un tema centrale nel dibattito accademico, tant'è che numerosi studiosi provenienti da vari Paesi e di diverse discipline hanno analizzato il fenomeno. Tuttavia, nonostante i numerosi e recenti contributi sul tema anche da parte di studiosi di management e Information Systems, la comprensione delle modalità organizzative che consentono un miglior impiego delle tecnologie digitali esistenti rappresenta un aspetto rilevante e meritevole di approfondimento da parte degli studiosi in risposta alle accresciute esigenze di manager e imprenditori agricoli.

Metodologia di ricerca

La metodologia di ricerca si basa su un'analisi di tipo quali-quantitativo condotta attraverso l'utilizzo di una revisione sistematica della letteratura (Systematic Literature Review, SLR). Tale metodologia fornisce una panoramica della produzione scientifica su un determinato tema di ricerca e consente di arrivare a conclusioni ragionevolmente chiare su ciò che è noto e non in letteratura (Denyer e Tranfield, 2009, p. 671). La SLR si articola in due fasi (Gundolf e Filser, 2013): (1) data collection, ovvero la raccolta dei contributi sul tema (dataset); (2) data analysis, ovvero l'analisi descrittiva dei risultati del dataset finale.

Data Collection

I dati sono stati raccolti attraverso la piattaforma SCOPUS, uno dei principali database accademici utilizzati per la ricerca di prodotti scientifici. Dopo aver analizzato la letteratura sul tema dell'agricoltura 4.0 (e.g., Maffezzoli et al., 2022), si è proceduto alla definizione di una stringa di ricerca che contenesse le seguenti keyword: Agriculture 4.0, Smart Agrifood, Smart Farming, Digital Agriculture, Digital Farming, Precision Agriculture e Precision Farming.

La ricerca ha consentito l'individuazione di 17.126 contributi che, successivamente, sono stati analizzati attraverso dei criteri di inclusione/esclusione a priori definiti (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses, PRISMA). Nello specifico, si è deciso di escludere i contributi scritti in una lingua diversa dall'inglese (n. 1.050) e afferenti ad un'area diversa da quella di 'business, management and accounting' (n. 15.683). La fase di screening e ammissibilità ha consentito l'individuazione di 393 contributi sul tema che, successivamente, sono stati analizzati manualmente per verificarne la coerenza. Tale analisi ha consentito l'esclusione di 393 prodotti di ricerca risultati non coerenti con le finalità della ricerca. Dunque, il dataset finale risulta costituito da un totale di 57 prodotti (Appendice n. 1). La figura 1 fornisce una panoramica delle fasi della SLR condotta.

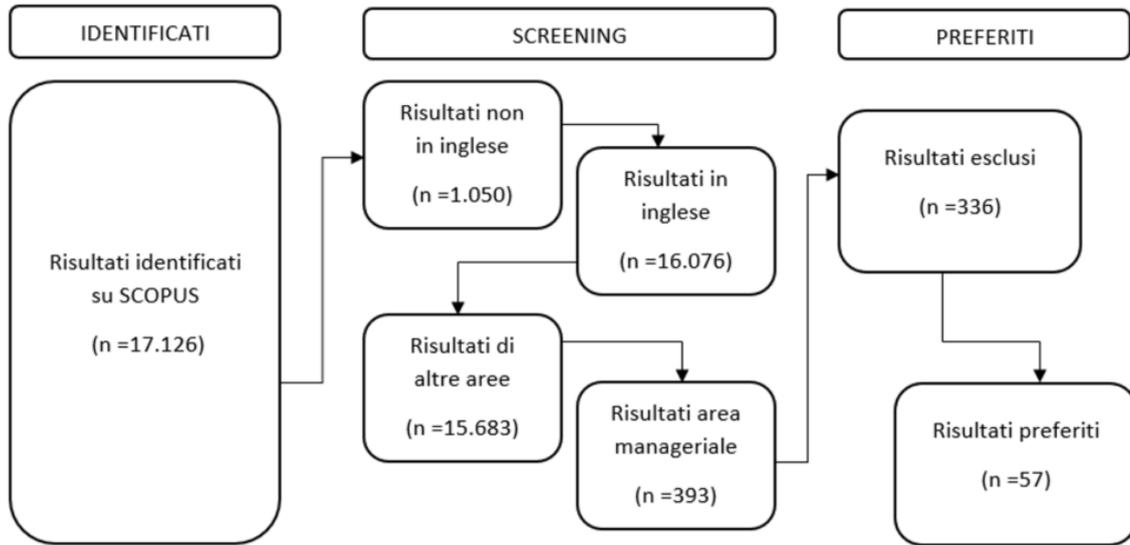


Figura 1. Schema di raccolta ed analisi dei risultati attraverso la SLR.

Data Analysis

Il dataset finale è stato successivamente analizzato per ottenere informazioni su (i) l’evoluzione delle pubblicazioni nel tempo (figura 2) e (ii) la tipologia di pubblicazione (figura 3).

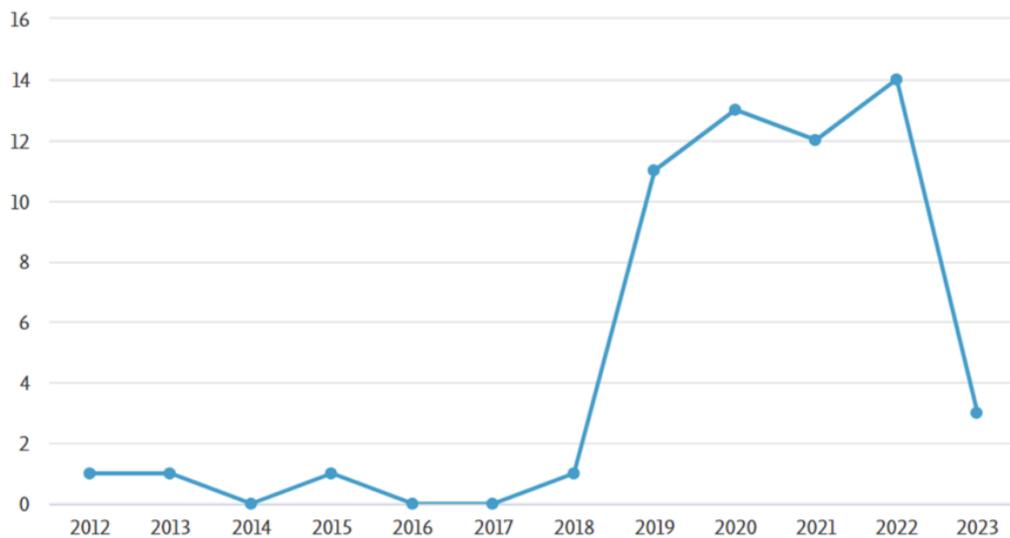


Figura 2. Evoluzione delle pubblicazioni nel tempo.

La figura 2 evidenzia che, sebbene il primo contributo sul tema della trasformazione digitale in agrifood in una prospettiva manageriale sia stato pubblicato già nel 2012, si registra un incremento della produzione scientifica soltanto dal 2018 in poi.

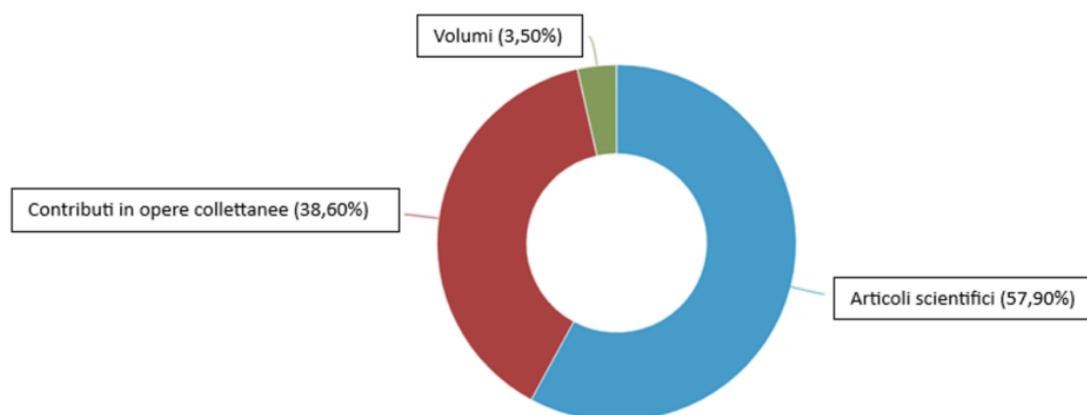


Figura 3. Tipologia di pubblicazione.

La figura 3 evidenzia le tipologie di pubblicazione, ovvero articoli scientifici (57,90%), contributi in opere collettanee (38,60%) e volumi (3,50%).

Risultati della ricerca

I 57 contributi che costituiscono il dataset finale sono stati successivamente analizzati con l'obiettivo di rilevare (1) le principali tecnologie emergenti utilizzate nel settore dell'agrifood (tabella 1) e (2) gli impatti organizzativi derivanti dall'utilizzo di tali tecnologie a diversi livelli di analisi individuo, organizzazione e rete (tabella 2).

La tabella 1 fornisce una panoramica delle principali tecnologie impiegate nel settore agroalimentare.

Tecnologia utilizzata	Descrizione	Fonte
Internet of Things (IoT)	dispositivi, sensori, macchine e apparecchi, connessi a Internet, ciascuno con identità e capacità uniche per eseguire il rilevamento e il monitoraggio a distanza dell'umidità del terreno, della temperatura atmosferica, dello stress idrico delle piante e segnala le anomalie nella coltivazione	Abraham <i>et al.</i> , 2021; Afshar Alam <i>et al.</i> , 2020; Anagha <i>et al.</i> , 2023; Debauche <i>et al.</i> , 2021; Ennouri <i>et al.</i> , 2019; França <i>et al.</i> , 2022; Gowda <i>et al.</i> , 2019; Hasiri <i>et al.</i> , 2020; Kashyap <i>et al.</i> , 2019; Keerthi <i>et al.</i> , 2019; Kidd, 2012; Maheshwari <i>et al.</i> , 2022; Pardo <i>et al.</i> , 2022; Premkumar e Sigappi, 2021; Rajesh Khanna e Varshini, 2019; Roy e De, 2022; Sarker <i>et al.</i> , 2020; Siva Rama Krishnan e Arun Kumar, 2019; Sonka, 2020; Spyropoulos <i>et al.</i> , 2020; Tikas e Akhilesh, 2019; Torero, 2021; Wibowo <i>et al.</i> , 2022; Yadav, 2023.
Reti di sensori wireless	architettura di rete distribuita composta da un insieme di dispositivi in grado di rilevare i dati e scambiarsi tra i vari dispositivi della rete	Delos Santos <i>et al.</i> , 2019; Janani e Pavitra, 2022; Khelifi, 2020; Rajesh Khanna e Varshini, 2019; Saha, <i>et al.</i> , 2022; Srbinovska <i>et al.</i> , 2015; Sucharitha <i>et al.</i> , 2019.

<p>Cloud computing (CC) e Fog Computing</p>	<p>il CC mette a disposizione i dati raccolti e archiviati a più dispositivi collegati. Il fog computing è l'insieme di mini-data center decentralizzati che decidono se i dati devono essere archiviati nel cloud per essere analizzati oppure rimanere nell'edge della rete per essere elaborati localmente</p>	<p>Delos Santos <i>et al.</i>, 2019; Keerthi <i>et al.</i>, 2019; Roy <i>et al.</i>, 2021; Sindhu e Indirani, 2020; Vimala e Ranjan, 2019.</p>
<p>Sistemi robotici autonomi</p>	<p>macchine intelligenti con un alto grado di autonomia in grado di eseguire compiti e prendere decisioni in tempo reale</p>	<p>Goh <i>et al.</i>, 2019; Sarker <i>et al.</i>, 2020.</p>
<p>Realtà aumentata</p>	<p>insieme di tecnologie per il potenziamento della percezione del mondo reale attraverso informazioni aggiuntive generate in tempo reale dai dispositivi utilizzati</p>	<p>Siva Rama Krishnan e Arun Kumar, 2019.</p>

Big Data (BD)	grandi volumi dati utilizzati per trovare informazioni specifiche attraverso il data mining	Debauche <i>et al.</i> , 2021; Duangsuwan <i>et al.</i> , 2020; Muniasamy, 2022; Naud <i>et al.</i> , 2020; Roy <i>et al.</i> , 2021; Sonka, 2020; Vandnae e Bansal, 2020.
Sistemi di supporto alle decisioni	forniscono risposte operative alle parti interessate e ai potenziali utenti sulla base di informazioni utili estratte da dati grezzi, documenti e/o modelli per richieste e problemi specifici	Castrignanò <i>et al.</i> , 2020; Dusadeerungsikul <i>et al.</i> , 2020; Gardezi <i>et al.</i> , 2022; Ngandee <i>et al.</i> , 2021.
Intelligenza Artificiale	sviluppo di macchine computerizzate in grado di completare compiti che in genere richiedono l'uso dell'intelligenza umana attraverso la veloce elaborazione di enormi quantità di dati raccolti	Abraham <i>et al.</i> , 2021; Mouazen <i>et al.</i> , 2020; Premkumar e Sigappi, 2021; Siva Rama Krishnan e Arun Kumar, 2019; Spanaki <i>et al.</i> , 2022; Torero, 2021; Yadav, 2023.
Machine learning.	Capacità di apprendere le soluzioni a problemi nuovi e complessi sulla base di dati storici e modelli sottostanti all'interno dei dati senza la	Anagha <i>et al.</i> , 2023; Gowda <i>et al.</i> , 2019; Gurnule, 2019.

	necessità di evidenziare la relazione tra dati di input e risultati di output	
Deep Learning	un tipo di machine learning determinato su una serie di algoritmi basati su reti neurali artificiali ottimizzate per lavorare con dati non strutturati come immagini, voce, video e testo	Gao <i>et al.</i> , 2021; Loey <i>et al.</i> , 2020; Praneetha <i>et al.</i> , 2018 ; Wibowo <i>et al.</i> , 2022.
Nanotecnologie	tecnologie in grado di migliorare le caratteristiche degli alimenti l'assorbimento di nutrienti ed integratori alimentari, di ottenere nuovi materiali di imballaggio in grado di migliorare la conservazione dei prodotti e per tracciare gli alimenti lungo la filiera produttiva i nano sensori	Bhattacharya <i>et al.</i> , 2022; Hameed <i>et al.</i> , 2022.

Digital Twin (DT).	Replica virtuale di un oggetto reale con la riproduzione dei comportamenti e degli stati delle varie fasi del ciclo di vita al fine di fare simulazioni e strutturare modelli di apprendimento automatico	Alves <i>et al.</i> , 2023; Yadav, 2023.
RFID	tecnologie per l'autoidentificazione e l'acquisizione dati, in grado di riconoscere la posizione delle merci attraverso un transponder (tag) grazie alla connessione wireless	Saha <i>et al.</i> , 2022; Mainetti <i>et al.</i> , 2013.
Blockchain	registro digitale, decentrato e distribuito in grado di garantire la tracciabilità dei dati lungo la filiera produttiva	Afshar Alam <i>et al.</i> , 2020; Leduc <i>et al.</i> , 2021; Liu <i>et al.</i> , 2021.

Tabella 1. Tecnologie emergenti impiegate nel settore agroalimentare.

La tabella 2 fornisce una panoramica sugli impatti organizzativi derivanti dall'utilizzo delle tecnologie emergenti in agrifood a diversi livelli di analisi individuo, organizzazione e rete (tabella 2).

Livello di analisi	Impatti delle tecnologie	Fonte
Lavoratore	<p>– maggior impiego delle macchine per lo svolgimento di compiti automatizzati – monitoraggio continuo delle colture – necessità di competenze digitali – maggiore disponibilità di dati e informazioni per il decision-making – interventi di job design – nascita di nuove figure professionali</p>	<p>França <i>et al.</i>, 2022; Gardezi <i>et al.</i>, 2022; Afshar Alam <i>et al.</i>, 2020; Anagha <i>et al.</i>, 2023, Bhattacharya <i>et al.</i>, 2022; Torero, 2021; Parmar e Kumer, 2022.</p>
Organizzazioni	<p>– riduzione delle risorse utilizzate e aumento della produzione agricola – ridisegno della configurazione organizzativa e dei processi aziendali</p>	<p>Goh <i>et al.</i>, 2019; Ennouri <i>et al.</i>, 2019; Singh <i>et al.</i>, 2022; Duangsuwan <i>et al.</i>, 2020; Vandna e Bansal, 2020; Mouazen <i>et al.</i>, 2020; Afshar Alam <i>et al.</i>, 2020; Hasiri <i>et al.</i>, 2020; Grunule <i>et al.</i>, 2019; Kidd, 2011; Khelifi <i>et al.</i>, 2020; Castrignanò <i>et al.</i>, 2020; Delos Santos <i>et al.</i>, 2019; Premkumar e Sigappi, 2019; Abraham <i>et al.</i>, 2021; Janani e Pavitra, 2022; Gao <i>et al.</i>, 2021; Roy e De, 2022; Maheshwari <i>et al.</i>, 2022; Hameed <i>et al.</i>, 2022.</p>

Rete	- aumento delle collaborazioni tra imprese e confini più labili - migliora la sinergia, la condivisione di conoscenze e lo sviluppo di innovazioni -favorisce la creazione di filiere produttive costituite da piccole e medie imprese e riduce l'intermediazione.	Pardo <i>et al.</i> , 2022; Afshar Alam <i>et al.</i> , 2020; Leduc <i>et al.</i> , 2021; Liu <i>et al.</i> , 2021; Pandey <i>et al.</i> , 2022.
------	---	--

Tabella 2. Gli impatti organizzativi derivanti dall'utilizzo delle tecnologie emergenti.

Discussione

I risultati del presente lavoro hanno consentito l'individuazione delle principali tecnologie emergenti impiegate nell'agrifood, nonché degli effetti organizzativi derivanti dall'impiego di tali tecnologie sui lavoratori, sulle organizzazioni e, più in generale, sulle relazioni tra le organizzazioni.

Le principali tecnologie emergenti utilizzate in agrifood

I risultati della ricerca evidenziano che le principali tecnologie digitali utilizzate nel settore dell'agrifood sono: (i) Internet of Things (IoT); (ii) reti di sensori wireless; (iii) Cloud computing (CC) e Fog Computing; (iv) sistemi robotici autonomi; (v) realtà aumentata; (vi) Big Data; (vii) sistemi di supporto alle decisioni; (viii) intelligenza artificiale; (ix) machine learning; (x) deep learning; (xi) nanotecnologie; (xii) digital twin; (xiii) RFID; (xiv) blockchain.

L'IoT, inteso come l'insieme di dispositivi, sensori, macchine e apparecchi connessi a Internet, ciascuno con identità e capacità uniche per eseguire il rilevamento e il monitoraggio a distanza, consente il

monitoraggio continuo delle colture attraverso la raccolta di dati relativi all'umidità del terreno, alla temperatura atmosferica, allo stress idrico delle piante e la pronta segnalazione di anomalie nella coltivazione.

I sensori di rete wireless consentono la raccolta automaticamente di dati, nonché il loro inserimento nei database aziendali e nel cloud computing (CC), consultabile anche da remoto

L'utilizzo della sensoristica e della tecnologia collegata all'IoT permette l'archiviazione di un volume elevato di dati (Big Data) che, attraverso l'ausilio di strumenti per il business intelligence, consente il support dei processi decisionali.

L'intelligenza artificiale (AI) e il machine learning consentono di sviluppare nuove e più efficaci soluzioni attraverso l'analisi di dati storici. Ad esempio, l'AI e il machine learning sono impiegati per prendere decisioni in tempo reale relative alla semina, al diserbo e all'impiego di trattori, droni e robot autonomi.

Le nanotecnologie nell'agrifood si occupano dell'ottenimento di migliori caratteristiche degli alimenti quali colore, sapore e consistenza, all'assorbimento di nutrienti ed integratori alimentari, fino alla creazione di nuovi materiali di imballaggio in grado di migliorare la conservazione dei prodotti. Per rendere più affidabile la tracciabilità degli alimenti lungo la filiera produttiva i nano sensori è una soluzione che si potrebbe prendere in considerazione.

Una delle prime tecnologie di autoidentificazione e acquisizione dati è l'identificazione a radiofrequenza (RFID), in grado di determinare la posizione delle merci tramite transponder (tag). Il sistema RFID funziona tramite connessione wireless con ricetrasmittitori, che sono in grado di leggere i dati raccolti nel tag. Mainetti et al. (2013) analizzano l'utilizzo RFID nella filiera della verdura fresca di coltivazione in serra e la produzione di ortaggi confezionati, ovvero prodotti pronti al consumo in cui la tracciabilità dell'alimento è sinonimo di sicurezza.

La tecnologia blockchain è un registro distribuito che consente una maggiore trasparenza e tracciabilità dei dati condivisi in una rete. Tale tecnologia è impiegata non solo per favorire l'agricoltura di precisione, ma anche per lo sviluppo e/o il consolidamento delle relazioni tra le organizzazioni all'interno delle filiere agricole, nonché per migliorare la regolazione delle interdipendenze.

Una delle tecnologie meno implementate nell'agrifood è la realtà aumentata che permette di potenziare la percezione del mondo reale attraverso informazioni aggiuntive generate in tempo reale dai dispositivi utilizzati.

Le tecnologie più innovativa è sicuramente il digital twin, ovvero replica virtuale di un oggetto reale che ricrea i comportamenti e gli stati delle varie fasi del ciclo di vita al fine di fare simulazioni e strutturare modelli di apprendimento automatico.

Gli impatti delle tecnologie emergenti sui lavoratori

L'impiego di tecnologie digitali nel settore dell'agrifood sta cambiando l'organizzazione del lavoro richiedendo, sempre più spesso, interventi di job design. L'automatizzazione di diverse attività operative in precedenza svolte manualmente ha spinto numerose organizzazioni a ridisegnare le posizioni organizzative attraverso interventi sulle mansioni o il ricollocamento del personale in azienda. Ad esempio, la sensoristica ha automatizzato il processo di raccolta di dati sull'umidità del terreno e sulla presenza di pesticidi, attività svolta manualmente da un addetto in passato.

Inoltre, tali tecnologie consentono agli imprenditori e ai manager di disporre di un'enorme mole di dati che rappresenta il punto di partenza per il supporto alle attività strategiche, direzionali ed operative. Ad esempio, l'irrigazione attraverso i droni si basa sui dati rilevati della stazione metereologica in correlazione con lo stress idrico e l'umidità del suolo rilevato dai sensori e immagini satellitari; analisi dei nutrienti del suolo attraverso i sensori per individuare le culture che hanno una maggiore resa

date le caratteristiche del suolo; utilizzo mirato di fertilizzanti e pesticidi in correlazione al telerilevamento dei sensori e dei satelliti; utilizzo di dispositivi di deep learning in grado di operare autonomamente attraverso l'elaborazione dei dati storici per estirpare le erbacce, individuare le malattie e raccogliere i frutti maturi selezionati in base alla colorazione

L'utilizzo delle nuove tecnologie anche richiede il possesso di conoscenze specifiche che spesso i lavoratori non hanno. Le organizzazioni, dunque, dovrebbero favorire l'utilizzo delle tecnologie digitali attraverso la definizione di corsi di formazione e di sistemi di incentivazione.

Dall'automazione dei dispositivi agricoli fino alla digitalizzazione dell'azienda tutta si richiede di rivedere la struttura, i processi e le procedure dell'organizzazione al fine di sfruttare a pieno il potenziale benefico delle tecnologie implementate. L'adozione delle tecnologie porta a ridisegnare le mansioni e i compiti affidati ai lavoratori agricoli, in quanti alcune attività vengono svolte dalle macchine intelligenti che sostituiscono il lavoro umano, portando alla riduzione del costo della manodopera, e altre coadiuvano il lavoro dell'uomo diminuendo imprecisioni e la commissione di errori.

Gli impatti delle tecnologie emergenti sull'organizzazione

Il monitoraggio e controllo della produzione agricola consente alle aziende un migliore impiego delle risorse utilizzate come l'acqua, i fertilizzanti e i pesticidi che, spesso, si traduce in un aumento della resa. La raccolta e l'elaborazione automatizzata dei dati inerenti allo stress idrico, alle condizioni del suolo, alle previsioni meteorologiche consentono la definizione di interventi più mirati sulle colture (c.d., agricoltura di precisione) e, di conseguenza, un efficientamento delle risorse da impiegare per la produzione agricola. La trasformazione digitale richiede anche la definizione di interventi di natura organizzativa volti a migliorare la coerenza tra tecnologie, organizzazione e ambiente. La progettazione e l'implementazione delle nuove tecnologie digitali rappresentano una condizione basilare per il miglioramento della performance organizzativa. Tali attività presuppongono il possesso di competenze

organizzative e manageriali di cui, soventemente, gli imprenditori agricoli non dispongono. Inoltre, l'impiego delle nuove tecnologie, soprattutto se particolarmente complesse e adottate da diverse unità organizzative, come ad esempio il farm management information system, avvia un processo di cambiamento organizzativo, talvolta radicale, che non può non essere gestito dai management delle aziende agricole. Al pari di altri settori, anche nell'agrifood è importante che la digitalizzazione sia il frutto di una strategia definita a priori e non la conseguenza di interventi sporadici di implementazioni di soluzioni rilasciate dal mercato. Più in generale, è possibile asserire che la definizione di un modello organizzativo che risulti coerente con l'adozione e l'impiego delle nuove tecnologie digitali rappresenta tutt'oggi una delle maggiori sfide organizzative per gli imprenditori e i manager delle aziende agricole.

Gli impatti delle tecnologie emergenti sulle reti

L'impiego delle nuove tecnologie digitali consente anche lo sviluppo di rapporti collaborativi e un miglior coordinamento tra gli attori che costituiscono la rete. La tecnologia blockchain, ad esempio, consente la tracciabilità del prodotto lungo tutta la filiera produttiva, favorendo la condivisione di dati affidabili e lo sviluppo di relazioni solide e durature tra gli operatori del settore agroalimentare. Grazie all'archiviazione dei dati in un registro digitale, decentrato e distribuito, la tecnologia blockchain garantisce la trasparenza delle transazioni poste in essere dagli attori della rete, risolvendo così il problema della fiducia che spesso mina le relazioni tra le organizzazioni (Agrifoglio, 2021).

Le tecnologie emergenti, inoltre, consentono ad un'organizzazione di condividere le informazioni con l'esterno, così da favorire lo scambio e lo sfruttamento di conoscenze tra i diversi attori della filiera. Tali tecnologie, infatti, favoriscono la collaborazione e lo scambio di informazioni e conoscenze e consentono lo sviluppo di innovazioni 'aperte' di prodotto e/o di processo. Ad esempio, l'Industrial Internet of Things (IIoT) favorisce l'integrazione tra le aziende della rete (B2B) attraverso l'adozione di dispositivi digitali in grado di raccogliere i dati e comunicarli all'esterno in maniera autonoma (Pardo et al., 2022).

Conclusioni

La rivoluzione digitale ha consentito alle aziende agricole di fronteggiare le numerose e complesse sfide insite nel settore ed ottenere diversi vantaggi, non solo economici, ma anche sociali ed ambientali. Sebbene il contributo delle tecnologie emergenti nel settore dell'agrifood sia ampiamente riconosciuto, sia dalla letteratura accademica, sia dalla pratica manageriale, l'adozione e l'impiego di tali tecnologie generano degli effetti sui lavoratori, sull'organizzazione e sulle relazioni di filiera meritevoli di essere opportunamente attenzionati dagli amministratori.

I risultati del presente lavoro hanno consentito l'individuazione delle principali tecnologie emergenti impiegate nell'agrifood, nonché degli effetti organizzativi derivanti dall'impiego di tali tecnologie sui lavoratori, sulle organizzazioni e, più in generale, sulle relazioni tra le organizzazioni. La scelta di implementare nuove soluzioni tecnologiche sviluppate per l'agricoltura non può essere dettata esclusivamente dalle esigenze delle singole organizzazioni e dalle potenzialità dello strumento, ma dovrà essere il frutto di un processo di convergenza tra tre dimensioni tra loro collegate: l'organizzazione, le risorse umane e la tecnologia. Ne discende, dunque, che la comprensione preliminare dei principali impatti derivanti dall'utilizzo delle succitate tecnologie (a diversi livelli di analisi) possa agevolare imprenditori e manager delle aziende agricole nelle scelte di (ri)progettazione di modelli organizzativi e di gestione delle risorse umane.

Bibliografia

Agrifoglio, R., Metallo, C. e Rossignoli, C. (2021). Blockchain nella pubblica amministrazione: benefici attesi e implicazioni organizzative. *PROSPETTIVE IN ORGANIZZAZIONE*, 14, 1-8.

Dal Mas, F., Massaro, M., Ndou, V. E Raguseo, E. (2023). Blockchain technologies for sustainability in the agrifood sector: A literature review of academic research and business perspectives. *Technological Forecasting and Social Change*, 187, 122155.

Denyer, D. e Tranfield, D. 2009. "Producing a Systematic Review." In *The Sage Handbook of Organizational Research Methods*, edited by D. Buchanan and A. Bryman, 671– 689. London:

Environmental Defence Fund e Environmental Incentives, 2023- *Agricultural Technology Discovery Report – role-based data access control*. *International Journal of Information Management*, 59, 102350 <https://www.edf.org/sites/default/files/documents/ag-tech-discovery-report.pdf>

FAO, 2020- *Agriculture 4.0 – Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production* <https://www.fao.org/3/cb2186en/CB2186EN.pdf>

Gundolf, K. E Filser, M. 2013. Management research and religion: A citation analysis. *Journal of Business Ethics*, 112(1), 177–185.

ISPRA, SNPA e TEA, 2021- *Transazione ecologica aperta. Dove va l'ambiente italiano?* <https://www.isprambiente.gov.it/files2021/pubblicazioni/pubblicazioni-di-pregio/tea.pdf>

Maffezzoli, F., Ardolino, M., Bacchetti, A., Perona, M. e Renga, F. (2022). Agriculture 4.0: a systematic literature review on the paradigm, technologies and benefits. *Futures*, 102998.

Mainetti, L., Mele, F., Patrono, L., Simone, F., Stefanizzi, M. L. e Vergallo, R. (2013). The impact of RF technologies and EPC standard on the fresh vegetables supply chain. *International Journal of RF Technologies*, 5(1-2), 1-40.

ONU, 2022 -*Revision of World Population Prospects-* <https://population.un.org/wpp/>

Pardo, C., Wei, R. E Ivens, B. S. (2022). Integrating the business networks and internet of things perspectives: A system of systems (SoS) approach for industrial markets. *Industrial Marketing Management*, 104, 258-275.

Spanaki, K., Karafili, E. e Despoudi, S. (2021). AI applications of data sharing in agriculture 4.0: A framework for role-based data access control. *International Journal of Information Management*, 59, 102350.

Appendice n°1

Abraham, A., Dash, S., Rodrigues, J. J., Acharya, B., e Pani, S. K. (Eds.). (2021). *AI, Edge and IoT-based Smart Agriculture*. Academic Press.

Alam, M. A., Ahad, A., Zafar, S., e Tripathi, G. (2020). A neoteric smart and sustainable farming environment incorporating blockchain-based artificial intelligence approach. *Cryptocurrencies and Blockchain Technology Applications*, 197-213.

Alves, R. G., Maia, R. F., e Lima, F. (2023). Development of a Digital Twin for smart farming: Irrigation management system for water saving. *Journal of Cleaner Production*, 135920.

Anagha, C. S., Pawar, P. M., e Tamizharasan, P. S. (2023). Cost-effective IoT-based intelligent irrigation system. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 14(Suppl 1), 263-274.

Bhattacharya, B., Roy, P., Bhattacharya, S., Prasad, B., e Mandal, A. K. (2023). Nanotechnology and sustainable development: overcoming the obstacles by adopting ethical practices for future farming. In

Engineered Nanomaterials for Sustainable Agricultural Production, Soil Improvement and Stress Management (pp. 431-445). Academic Press.

Castrignanò, A., Buttafuoco, G., Khosla, R., Mouazen, A., Moshou, D., e Naud, O. (Eds.). (2020). Agricultural internet of things and decision support for precision smart farming. Academic Press.

Cloud-Based Smart Farming for Crop Production Suitability Using Wireless Sensor Technology. TEST engineering and management, 81(11-12), 5043-5052.

D Gowda, S., Niveditha, N. M., Amulya, M. P., e Namitha, A. R. (2019). Machine learning for agribusiness using GIS.

Debauche, O., Trani, J. P., Mahmoudi, S., Manneback, P., Bindelle, J., Mahmoudi, S. A., ... e Lebeau, F. (2021). Data management and internet of things: A methodological review in smart farming. Internet of Things, 14, 100378.

Duangsuwan, S., Teekapakvisit, C., e Maw, M. M. (2020). Development of soil moisture monitoring by using IoT and UAV-SC for smart farming application. Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal, 5(4), 381-387.

Dusadeerungsikul, P. O., Liakos, V., Morari, F., Nof, S. Y., e Bechar, A. (2020). Smart action. In Agricultural Internet of things and decision support for precision smart farming (pp. 225-277). Academic Press.

Ennouri, K., Triki, M. A., e Kallel, A. (2020). Applications of remote sensing in pest monitoring and crop management. Bioeconomy for sustainable development, 65-77.

França, R. P., Monteiro, A. C. B., Arthur, R., e Iano, Y. (2021). An overview of internet of things technology applied on precision agriculture concept. *Precision agriculture technologies for food security and sustainability*, 47-70.

Gao, J., Westergaard, J. C., Sundmark, E. H. R., Bagge, M., Liljeroth, E., e Alexandersson, E. (2021). Automatic late blight lesion recognition and severity quantification based on field imagery of diverse potato genotypes by deep learning. *Knowledge-Based Systems*, 214, 106723.

Gardezi, M., Adereti, D. T., Stock, R., e Ogunyiola, A. (2022). In pursuit of responsible innovation for precision agriculture technologies. *Journal of Responsible Innovation*, 9(2), 224-247.

Goh, K. C., Sim, S. Y., Sam, T. H., Bilal, K., Goh, H. H., e Mohamed, S. (2019). Integration precision and unmanned aerial vehicles technology in oil palm management system development. *Int. J. Recent Technol. Eng.*, 8(3 Special Issue), 77-82.

Gurnule, P. V. (2019). Economical smart agriculture monitoring system. *Int. J. Recent Technol. Eng.* 8, 3669-3671.

Hameed, A., Saif, M. J., Qayyum, M. A., Khalid, T., e Farooq, T. (2023). Nanomaterial-based sensors for real-time monitoring of crop plants growth, development, production, and protection. In *Engineered Nanomaterials for Sustainable Agricultural Production, Soil Improvement and Stress Management* (pp. 357-385). Academic Press.

Hasiri, E. M., Asniati, A., Suryawan, M. A., e Rasmuin, R. (2020). The Implementation of Smart Farming Application Based on the Microcontroller and Automatic Sprinkler Irrigation System of Agricultural Land. In *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal* (Vol. 5, Issue 2, pp. 174-179). ASTES Journal. <https://doi.org/10.25046/aj050222>

Janani, E. S. V., e Pavitra, A. R. R. (2022). Cost effective smart farming with FARS-based underwater wireless sensor networks. In *Research Anthology on Strategies for Achieving Agricultural Sustainability* (pp. 628-649). IGI Global.

Kashyap, C., Kashyap, B. Y., Guruprasad, K., Shrinivasa, D., e Kumar, P. (2019). Recent Development of Automation and IoT in Agriculture. *Int. J. Recent Technol. e Eng*, 8(2), 820-823.

Keerthi, J., Maloji, S., e Krishna, P. G. (2019). An approach of tomato leaf disease detection based on SVM classifier. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 7, 697-704.

Khelifi, F. (2020). Monitoring system based in wireless sensor network for precision agriculture. *Internet of Things (IoT) Concepts and Applications*, 461-472.

Kidd, P. T. (2012). The role of the internet of things in enabling sustainable agriculture in Europe. *International Journal of RF Technologies*, 3(1), 67-83.

Krishnan, S. S. R., e Kumar, T. A. A Practical Implementation Smart Farming Using Recommendation Routing in WSN. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*.

Leduc, G., Kubler, S., e Georges, J. P. (2021). Innovative blockchain-based farming marketplace and smart contract performance evaluation. *Journal of Cleaner Production*, 306, 127055.

Liu, W., Shao, X. F., Wu, C. H., e Qiao, P. (2021). A systematic literature review on applications of information and communication technologies and blockchain technologies for precision agriculture development. *Journal of Cleaner Production*, 298, 126763.

Loey, M., ElSawy, A., e Afify, M. (2020). Deep learning in plant diseases detection for agricultural crops: a survey. *International Journal of Service Science, Management, Engineering, and Technology (IJSSMET)*, 11(2), 41-58.

M, V., e Ranjan, R. (2019). Cloud Computing Model for Agricultural Applications. In *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)* (Vol. 8, Issue 2, pp. 6349–6352). Blue Eyes Intelligence Engineering and Sciences Engineering and Sciences Publication – BEIESP.
<https://doi.org/10.35940/ijrte.b2202.078219>

Maffezzoli, F., Ardolino, M., Bacchetti, A., Perona, M., e Renga, F. (2022). Agriculture 4.0: a systematic literature review on the paradigm, technologies and benefits. *Futures*, 102998.

Maheshwari, R., Vidyarthi, M., e Vidyarthi, P. Significant Role of IoT in Agriculture for Smart Farming. In *IoT and AI Technologies for Sustainable Living* (pp. 43-55). CRC Press.

Mainetti, L., Mele, F., Patrono, L., Simone, F., Stefanizzi, M. L., e Vergallo, R. (2013). The impact of RF technologies and EPC standard on the fresh vegetables supply chain. *International Journal of RF Technologies*, 5(1-2), 1-40.

Mouazen, A. M., Alexandridis, T., Buddenbaum, H., Cohen, Y., Moshou, D., Mulla, D., ... e Sudduth, K. A. (2020). Monitoring. In *Agricultural Internet of Things and decision support for precision smart farming* (pp. 35-138). Academic Press.

Muniasamy, A. (2020). Applications of data mining techniques in smart farming for sustainable agriculture. In *Modern Techniques for Agricultural Disease Management and Crop Yield Prediction* (pp. 142-178). IGI Global.

- Naud, O., Taylor, J., Colizzi, L., Giroudeau, R., Guillaume, S., Bourreau, E., ... e Tisseyre, B. (2020). Support to decision-making. In *Agricultural Internet of Things and Decision Support for Precision Smart Farming* (pp. 183-224). Academic Press.
- Ngandee, S., Taparugssanagorn, A., Anutariya, C., e Kuwornu, J. K. (2021). Assessment of rice yield prediction models based on big data analytics for better supply chain decision-making in Thailand. *International Journal of Value Chain Management*, 12(3), 221-240.
- Pandey, V., Pant, M., e Snasel, V. (2022). Blockchain technology in food supply chains: Review and bibliometric analysis. *Technology in Society*, 69, 101954.
- Pardo, C., Wei, R., e Ivens, B. S. (2022). Integrating the business networks and internet of things perspectives: A system of systems (SoS) approach for industrial markets. *Industrial Marketing Management*, 104, 258-275.
- Parmar, M., e Kumar, R. (2022). Overview of IoT in the Agroecosystem. In *Agri-Food 4.0: Innovations, Challenges and Strategies*. Emerald Publishing Limited.
- Praneetha, R., Venkatramaphanikumar, S., e Kishore, K. K. (2018). A hybrid framework for detection of diseases in apple and tomato crops with deep feed forward neural network. *International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics*, 4(3-4), 361-377.
- Premkumar, S., e Sigappi, A. N. (2022). Functional framework for edge-based agricultural system. In *AI, Edge and IoT-based Smart Agriculture* (pp. 71-100). Academic Press.
- Roy, C., Das, N., Rautaray, S. S., e Pandey, M. (2022). A fog computing-based IoT framework for prediction of crop disease using big data analytics. In *AI, Edge and IoT-based Smart Agriculture* (pp. 287-300). Academic Press.

Roy, S. K., e De, D. (2022). Genetic algorithm based internet of precision agricultural things (IoPAT) for agriculture 4.0. *Internet of Things*, 18, 100201.

Saha, H. N., Chakraborty, S., e Roy, R. (2022). Integration of RFID and sensors in agriculture using IOT. In *AI, Edge and IoT-based Smart Agriculture* (pp. 361-372). Academic Press.

Saha, H. N., Roy, R., Chakraborty, M., e Sarkar, C. (2022). A crop-monitoring system using wireless sensor networking. In *AI, Edge and IoT-based Smart Agriculture* (pp. 345-359). Academic Press.

Sarker, M. N. I., Islam, M. S., Murmu, H., e Rozario, E. (2020). Role of big data on digital farming. *International Journal of Scientific e Technology Research*, 9(4), 1222-1225.

Sindhu, P., e Indirani, G. (2020). IOT with Cloud based Smart Farming for Citrus Fruit Disease Classification using Optimized Convolutional Neural Networks. *International Journal on Emerging Technologies*, 11(2), 52-56.

Singh, R. S., Gelmecha, D. J., Ayane, T. H., e Sinha, D. K. (2022). Functional framework for IoT-based agricultural system. In *AI, Edge and IoT-based Smart Agriculture* (pp. 43-69). Academic Press.

Sonka, S. T. (2020). *Digital Technologies, Big Data, and Agricultural Innovation. The innovation revolution in Agriculture*, 207.

Spanaki, K., Karafili, E., Sivarajah, U., Despoudi, S., e Irani, Z. (2022). Artificial intelligence and food security: swarm intelligence of AgriTech drones for smart AgriFood operations. *Production Planning e Control*, 33(16), 1498-1516.

- Spyropoulos, N. V., Dalezios, N. R., Kaltsis, I., e Faraslis, I. N. (2020). Very high resolution satellite-based monitoring of crop (olive trees) evapotranspiration in precision agriculture. *International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics*, 6(1), 22-42.
- Srbinovska, M., Gavrovski, C., Dimcev, V., Krkoleva, A., e Borozan, V. (2015). Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks. *Journal of cleaner production*, 88, 297-307.
- Sucharitha, V., Prakash, P., e Iyer, G. (2019). Agrifog-a fog computing based IoT for smart agriculture. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 7(6), 210-217.
- Tikas, G. D., e Akhilesh, K. B. (2020). Importance of Being 'NICE'While Developing IoT-Based Smart Farming Solutions: A Case Study About 'NICE'Labs. *Smart Technologies: Scope and Applications*, 395-405.
- Torero, M. (2021). Robotics e AI in food security and innovation: why they matter and how to harness their power. *Robotics, AI, and Humanity: Science, Ethics, and Policy*, 99-107.
- Wibowo, H., Sitanggang, I. S., Mushthofa, M., e Adrianto, H. A. (2022). Large-Scale Oil Palm Trees Detection from High-Resolution Remote Sensing Images Using Deep Learning. *Big Data and Cognitive Computing*, 6(3), 89.
- Yadav, S. S. (2023). The Convergence of Digital Twin, Internet of Things, and Artificial Intelligence: Digital Smart Farming. In *Handbook of Research on Applications of AI, Digital Twin, and Internet of Things for Sustainable Development* (pp. 437-446). IGI Global.

[1] L'agricoltura di precisione si basa su dispositivi tecnologici in grado di raccogliere dati relativi alle proprietà del suolo e alle condizioni climatiche, consentendo di migliorare la crescita delle colture con la riduzione delle risorse impiegate.

Industria 4.0: come cambia il lavoro con l'introduzione dei cobot nei processi produttivi manifatturieri?

Emanuela Shaba, Alessandra Lazazzara, Luca Solari, Antonella Delle Fave

Abstract

Questo studio esplora, attraverso una revisione della letteratura, gli effetti della collaborazione tra operatore e cobot sulle caratteristiche del lavoro evidenziando come l'introduzione dei cobot possa rappresentare al contempo una minaccia e un'opportunità per il work design e sottolineando l'importanza dell'adozione di una prospettiva sociotecnica nella progettazione del lavoro

Introduzione

Una componente importante della trasformazione digitale associata all'Industria 4.0 è la sempre crescente collaborazione tra uomo e macchina (Wang et al., 2020). In linea con questa tendenza si inserisce l'introduzione di robot collaborativi, noti come "cobot" (El Zaatari et al., 2019), utilizzati soprattutto per ottimizzare i micro-processi all'interno delle linee di produzione (McKinsey, 2018), come il prelievo e il posizionamento (*pick & place*), l'assemblaggio, la consegna, l'avvitamento o l'ispezione, riducendo così il carico di lavoro fisico per gli esseri umani (Kildal et al., 2018). Questa innovazione apporta un notevole incremento lungo la catena del valore della produzione, migliorando la precisione dei processi fino al 90% e comportando una riduzione dei costi del 59% (McKinsey, 2018; Deloitte Consulting, 2017).

La comparsa della nuova generazione di robot collaborativi, che a differenza dei robot tradizionali possono operare senza la necessità di barriere di protezione intorno, presenta nuove sfide per molti

aspetti dell'interazione uomo-robot, tra cui la prossimità tra operatore e *cobot*, il coordinamento durante i processi operativi (Welfare et al., 2019), questioni legate agli aspetti di usabilità dei *cobot* (Pollak et al., 2020). Poiché i *cobot* lavorano fianco a fianco con gli esseri umani, condividendo compiti manuali e cognitivi, di routine e no, la ricerca ha iniziato a esplorare le implicazioni dell'introduzione del *cobot* sui compiti condivisi (Pollak et al., 2020; Belhassein et al., 2022; Jercic et al., 2019), e i suoi effetti sul benessere e sulle prestazioni organizzative (Parker et al., 2020).

Sulla base di tali considerazioni, e adottando come quadro analitico la prospettiva del *work design* (Hackman & Oldham, 1976, 1980; Parker et al., 2017), questo studio è finalizzato ad esplorare le implicazioni della collaborazione tra operatore e *cobot* sulle caratteristiche del lavoro ritenute alla base delle prestazioni individuali, quali ad esempio la varietà delle competenze, il contenuto del lavoro, l'autonomia, considerate fondamentali per le prestazioni individuali, come la qualità del lavoro, il benessere, gli stati psicologici positivi e la soddisfazione sul lavoro (Parker et al., 2017; Morgesson & Humphrey, 2006; ecc.). Per raggiungere questo obiettivo, abbiamo condotto una revisione della letteratura sull'interazione uomo-*cobot* e sulle caratteristiche del lavoro, identificando le principali evidenze e lacune nella ricerca esistente. Nonostante questo ambito di indagine sia ancora poco sviluppato, i risultati di questo studio evidenziano che i *cobot* collaborativi possono influenzare in molteplici modi i diversi aspetti del lavoro, talvolta in modo contraddittorio. Queste evidenze forniscono implicazioni importanti sia per la teoria che per la pratica.

Nuove tecnologie e Work Design

Il concetto di *work design* si riferisce al contenuto e all'organizzazione dei compiti e delle mansioni, delle relazioni e delle responsabilità lavorative (Parker et al., 2020). Benchè ne siano stati sviluppati più modelli di *work design* (e.g., Parker et al., 2020; Morgesson & Humphrey, 2006), che si focalizzano su diverse mansioni e caratteristiche lavorative, gli studiosi concordano sul fatto che la

progettazione del lavoro influisca su stati psicologici critici, che a loro volta comportano conseguenze individuali e organizzative.

Con l'introduzione dei robot collaborativi, molti dibattiti hanno animato la letteratura accademica e non solo riguardo agli impatti sociali di questa tecnologia. Da un lato, alcuni studi tendono a sottolineare gli effetti positivi, come l'aumento delle competenze cognitive, l'incremento del valore e significato del lavoro e dell'autonomia dei dipendenti (Spencer et al., 2018). A tal fine, il report di McKinsey (2018) evidenzia ad esempio come nelle linee di assemblaggio automobilistico, grazie all'introduzione dei robot collaborativi, la flessibilità nella produzione di modelli in lotti più piccoli è aumentata, portando con sé un incremento delle responsabilità e competenze cognitive per i dipendenti (McKinsey, 2018). D'altra parte, altri studi si concentrano sugli aspetti negativi, e in particolare sulla possibile perdita di posti di lavoro (van Wynsberghe & Comes, 2020). A tale proposito, il rapporto di Deloitte consulting (2017), ad esempio, prevede la sostituzione di milioni di posti di lavoro esistenti con l'introduzione dei robot collaborativi. Inoltre, autori come Frey and Osborne (2017), Schumpeter (2015) hanno messo in luce l'impoverimento della natura del lavoro stesso. Secondo questi fonti si profila la probabilità che i nuovi posti di lavoro diventino più precari e meno gratificanti, le carriere più frammentate e le mansioni semplificate con poco o nessun margine di discrezionalità per l'operatore, in un modo che può essere definito "neo taylorismo".

Tuttavia, invece di concentrarsi sugli impatti macro della tecnologia 4.0 sul lavoro, autori come Parker et al. (2020) sostengono che la ricerca dovrebbe occuparsi prioritariamente di comprendere quali compiti e mansioni lavorative siano influenzate dall'interazione con i robot collaborativi e quali siano le conseguenze di questo nuovo assetto sul benessere degli operatori e sulle prestazioni organizzative. A tal proposito, gli studi di Parker et al. (2017; 2020) indicano come l'intelligenza artificiale e la tecnologia 4.0 possano influenzare la progettazione del lavoro, evidenziando che la tecnologia digitale è connessa sia in modo positivo che negativo alle seguenti caratteristiche del lavoro: (I) autonomia e

controllo, che comprende il processo decisionale sui processi e i metodi di lavoro; (II) varietà e utilizzo delle competenze e abilità, poiché le nuove tecnologie possono offrire maggiori opportunità per impegnarsi in compiti più significativi; (III) abilità e competenze, che includono la varietà di abilità e competenze necessarie per completare il lavoro (Morgeson & Humphrey, 2006); (IV) contenuto del lavoro, che riguarda le esigenze fisiche e cognitive, come il livello di attività fisica o lo sforzo richiesto per il lavoro (Morgeson & Humphrey, 2008), nonché la tipologia e l'intensità dei processi cognitivi richiesti per svolgere il lavoro (Hunter & Hunter, 1984). Poiché la tecnologia non influenza una singola caratteristica del lavoro, ma diversi aspetti contemporaneamente, l'introduzione dei *cobot* nei processi produttivi richiede una comprensione di come tale tecnologia influisca sulla progettazione del lavoro degli operatori nel settore manifatturiero.

Metodo

Per studiare l'impatto dell'introduzione dei *cobot* sui compiti e attività dei dipendenti, abbiamo condotto una revisione della letteratura tra marzo e aprile 2022. Sono stati utilizzati prevalentemente i motori di ricerca e database elettronici Scopus, Web of Science e Google Scholar. I criteri di inclusione adottati sono: (i) focus principale sull'introduzione dei *cobot*, cercando "cobot" o "robot collaborativo" nel titolo, nell'abstract o mediante parole chiave; (ii) esplorazione dell'interazione tra *cobot* e lavoro, cercando "lavoro", "dipendente", "HRM", "interazione" nel titolo o nelle parole chiave. Il processo di selezione degli articoli è stato condotto in diverse fasi, seguendo il protocollo PRISMA (Moher et al., 2019) (Fig. 1).

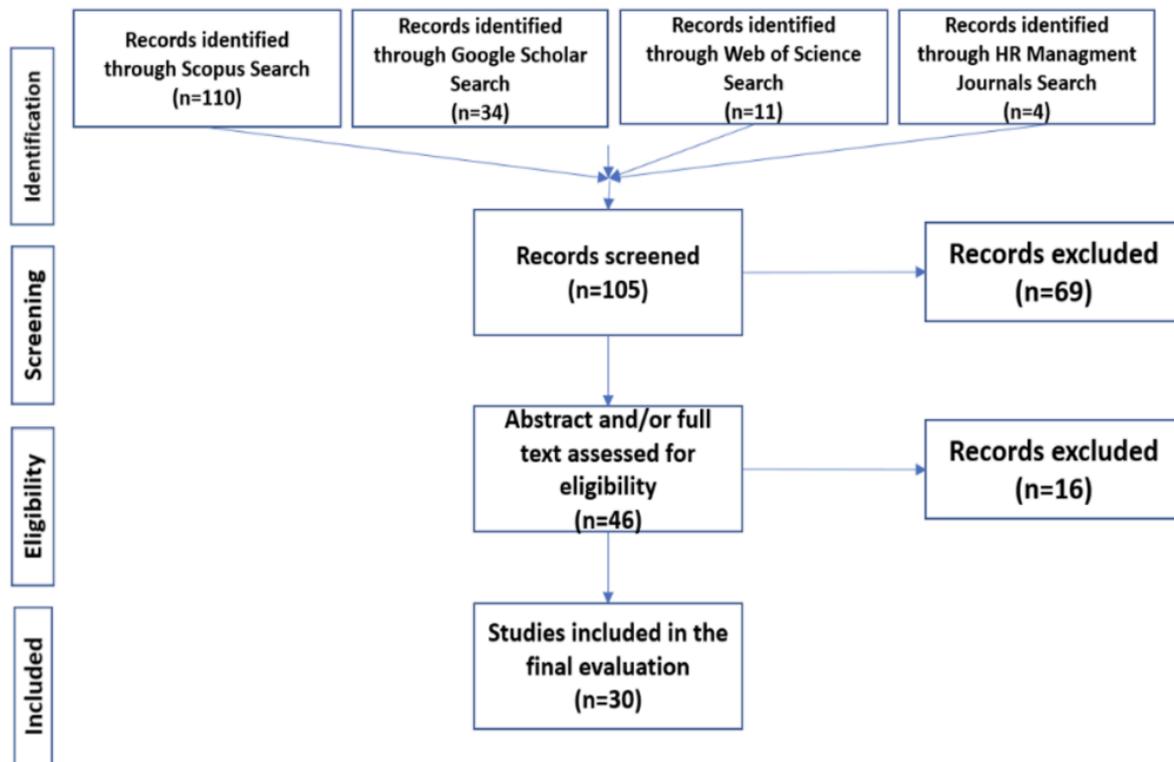


Fig. 1 Prisma flow chart

Dopo aver rimosso i duplicati, è stato effettuato uno screening iniziale basato sui titoli e gli abstract degli articoli, al fine di escludere quelli in cui i robot collaborativi e il lavoro non fossero l'argomento principale. Gli articoli rilevanti sono stati filtrati in base ai criteri di inclusione e successivamente sono stati analizzati in base ai metadati. Nella fase successiva, la rete di parole chiave è stata particolarmente utile per identificare i cluster tematici, facendo riferimento alle categorie del work design (Parker et al., 2001).

Risultati

I risultati della revisione della letteratura indicano che le prime pubblicazioni sull'argomento risalgono al 2016, quando l'adozione dei *cobot* è aumentata parallelamente allo sviluppo delle tecnologie 4.0. Per quanto riguarda i principali temi trattati nei vari paper, la Tabella 1 presenta un *overview* di come

l'introduzione del *cobot* può avere simultaneamente effetti positivi e negativi sui diversi aspetti del lavoro degli operatori dell'Industria 4.0.

Caratteristiche del lavoro		Opportunità	Minacce
Natura del lavoro	Esigenze cognitive	I <i>cobot</i> si occupano di compiti noiosi; gli operatori si concentrano su compiti apparentemente più significativi	I <i>cobot</i> si occupano di processi cognitivi come la costante ricerca di informazioni, la capacità di pensiero critico e il controllo degli ordini, quindi le richieste conoscitive si riducono.
		I <i>cobot</i> supportano compiti cognitivi come la memoria a breve termine, il miglioramento della concentrazione e la riduzione degli errori; quindi, gli operatori potrebbero trarre vantaggio dal supporto dei <i>cobot</i> .	Con machine learning i <i>cobot</i> stanno assumendo alcune attività più impegnative con tassi di precisione più elevati; quindi, il lavoro degli operatori diventa meno impegnativo.
		I <i>cobot</i> portano all'intensificazione dei compiti cognitivi che rendono il lavoro più stimolante e significativo	Il ritmo di lavoro viene imposto, aumentando il carico di lavoro mentale a causa delle esigenze temporali; Aumento del grado di interruzione del lavoro.
	Esigenze fisiche	I <i>cobot</i> eseguono compiti pesanti e di routine, scaricando l'operatore dal pesante fardello di compiti ripetitivi, faticosi e noiosi.	I <i>cobot</i> consentono l'automazione di alcune attività manuali non di routine, in particolare quelle che richiedono adattabilità situazionale, riconoscimento visivo e linguistico I malfunzionamenti tecnologici dei <i>cobot</i> generano pressione sui tempi di consegna (nella logistica); A loro volta, i dipendenti devono lavorare ancora di più per recuperare il tempo perso in seguito.
Varietà delle mansioni	<i>Cobot</i> esegue compiti ripetitivi e fisicamente impegnativi; Il lavoratore sta assumendo le parti più flessibili e ad alta variazione delle attività.	Con l'introduzione del <i>cobot</i> il numero di attività viene ridotto. Compiti come pianificare un percorso, camminare e cercare il prodotto nel magazzino, sono stati eliminati dalla descrizione del lavoro	
Autonomia	Mentre il <i>Cobot</i> esegue compiti ripetitivi e fisicamente impegnativi, si apre lo spazio per gli operatori ad assumere altri compiti (di supervisione) che consentono di usare maggiormente le capacità di comprensione, giudizio e decisione.	Con <i>cobot</i> c'è una maggiore standardizzazione dei processi di lavoro; La sequenza delle operazioni da svolgere dipende fortemente dalle funzionalità tecniche del <i>cobot</i> , (i.e. la velocità) minacciando il processo decisionale individuale.	
Competenze	L'introduzione del <i>cobot</i> richiede agli operatori di acquisire nuove competenze tecniche.	L'introduzione dei <i>cobot</i> può portare a un'accelerazione della standardizzazione del ciclo produttivo e dei compiti, spostando le competenze specifiche richieste dall'operatore al <i>cobot</i> Pericoli di dequalificazione dovuti anche alle tecniche di apprendimento automatico (Machine Learning) dei <i>cobot</i> .	

Tabella 1: Sintesi dell'effetto dell'introduzione del *cobot* sul lavoro

Mancanza di autonomia o maggiore proattività?

Secondo diversi autori (Smids et al., 2019; Cascio et al., 2016; Lanzing, 2016, ecc.), l'introduzione dei *cobot* comporta un aumento del livello di standardizzazione del lavoro, riducendo lo spazio per la creatività e il processo decisionale e minando quindi l'autonomia del lavoratore. Ad esempio, in alcune

specifiche attività la sequenza delle operazioni da svolgere dipendeva fortemente dalla velocità e/o dal momento in cui il cobot lavorava (Welfare et al., 2019). Inoltre, i robot collaborativi incorporano sistemi di intelligenza artificiale che spesso coinvolge apprendimento automatico e reti neurali artificiali, difficili da comprendere oltre il livello superficiale da parte degli operatori. Questo fenomeno, comunemente noto come "opacità dei sistemi artificialmente intelligenti" (Burrell, 2016), può portare a sentimenti di alienazione e riduzione dell'autonomia dei dipendenti (Burrell et al., 2016), con la conseguente minore percezione da parte dell'operatore di contribuire ai risultati organizzativi generando valore aggiunto. D'altra parte, altri studi hanno presentato esempi di lavoro progettato in modo da lasciare più spazio all'azione autonoma dell'operatore. Ad esempio, Wingfield (2017) evidenzia come un dipendente di un magazzino Amazon utilizzi sicuramente di più le proprie capacità di comprensione, giudizio e decisione durante la supervisione dei robot rispetto a quando svolge altre attività (ad esempio, impilare bidoni di plastica). Berkers et al. (2022) mostrano che in uno dei magazzini osservati il lavoro è stato intenzionalmente (ri)progettato per fornire un livello più elevato di autonomia all'operatore durante la collaborazione con il cobot.

Maggiore o minore varietà dei compiti?

Diversi studi (Belhassein et al., 2022; Berkers et al., 2022) sostengono che, poiché i cobot hanno assunto alcuni compiti dei dipendenti, il numero di compiti svolti dagli operatori è diminuito e non viene compensato da nuove mansioni. Secondo Berkers et al. (2022), attività come la pianificazione di un percorso, il camminare e la ricerca di un prodotto nel magazzino non fanno più parte della descrizione del lavoro dell'operatore. Inoltre, attività più complesse come la gestione degli errori o la supervisione di un cobot vengono raramente assegnate agli operatori stessi. L'effetto prevalentemente negativo dell'introduzione dei cobot sulla varietà delle attività può essere spiegato anche dall'approccio di progettazione del lavoro focalizzato principalmente sulla funzionalità tecnologiche, e non sul design del cobot in prospettiva sociotecnica. Dall'altro lato, altri studi evidenziano che, mentre i cobot svolgono compiti ripetitivi e fisicamente impegnativi, i lavoratori possono dedicare il tempo a nuove attività ad

alto valore aggiunto. Ad esempio, i dipendenti possono occuparsi di preparare i prodotti per lo stoccaggio, pulire e riparare le macchine, programmare cobot e altri macchinari, progettare nuovi lavori collaborativi con cobot, gestire piccoli progetti interni, controllare la qualità, pianificare la produzione, realizzare disegni tecnici e svolgere altre attività nella produzione (Kadir et al., 2018).

Maggiore o minore significatività del compito?

Da una parte, la ricerca mostra che l'introduzione dei *cobot* ha comportato una riduzione di alcune attività cognitive non routinarie, come ad esempio la ricerca costante di informazioni (ad esempio, il monitoraggio sullo schermo del computer per identificare i prodotti necessari), l'esercizio del pensiero critico e il controllo degli ordini (Berkers et al., 2022; Senders et al., 2018). Lo studio di Berkers et al. (2022) fornisce esempi di *cobot* che si occupano di compiti cognitivi. Ad esempio, i *cobot* "pick to light" o "pick to voice" svolgono operazioni di picking in magazzino in modo rapido e preciso utilizzando segnali luminosi o vocali. Inoltre, il *cobot* responsabile del controllo non solo pesa le scatole, ma confronta anche il peso effettivo con quello previsto per rilevare eventuali errori, riducendo così la distanza tra l'elaborazione informatica e i processi cognitivi umani. Senders et al. (2018) sostengono inoltre che, attraverso l'apprendimento automatico (machine learning), i *cobot* assumeranno compiti sempre più impegnativi, il che potrebbe far percepire ai lavoratori una minore importanza nella propria organizzazione. Inoltre, i *cobot* consentono l'automazione di alcune attività correlate a compiti analitici cognitivi e interpersonali, che richiedono adattabilità situazionale, riconoscimento visivo e linguistico, nonché creatività, originalità, percezione sociale e risposta empatica verso la controparte umana (Acemoglu, 2018). Tuttavia, altri studi dimostrano che, quando i *cobot* si assumono alcuni compiti noiosi, gli operatori hanno la possibilità di concentrarsi su compiti apparentemente più significativi. Smids et al. (2019) e Senders et al. (2018) sostengono a tal fine che, se i dipendenti si percepiscono come membri in squadra con i robot, possono concentrarsi sul raggiungimento di migliori risultati condivisi. Questi studi suggeriscono che compiti cognitivi come la memoria a breve termine, il miglioramento della concentrazione e la riduzione degli errori potrebbero trarre vantaggio dal supporto

dei *cobot*. Inoltre, Welfare et al. (2019) evidenziano che la riduzione dei tempi di attesa ha principalmente effetti positivi per gli operatori, che utilizzano il tempo libero per svolgere altre mansioni più interessanti.

Ridurre il carico fisico e aumentare quello mentale?

Anche se i *cobot* hanno sollevato gli operatori umani da compiti faticosi e monotoni, ciò non è necessariamente percepito come un miglioramento delle condizioni di lavoro da parte dei lavoratori. Alcuni studi riportano, infatti, che il ritmo di lavoro impostato dal *cobot* può determinare arbitrariamente il ritmo di lavoro dell'operatore umano (Argyle et al., 2021), portando ad un aumento del carico di lavoro mentale durante l'attività lavorativa. Questa dinamica è influenzata dalle relazioni tra le richieste del compito fisico e cognitivo, il carico di lavoro dell'operatore, le prestazioni del compito e le influenze esterne e interne (Charles e Nixon, 2019), che a loro volta possono essere influenzate da fattori come la richiesta di tempi stretti, l'esperienza individuale e i fattori ambientali. Ad esempio, Jaehrling et al. (2018) sostengono la crescente pressione per ridurre i tempi di consegna porta gli operatori a percepire un aumento del carico di lavoro (Charles e Nixon, 2018). Lo studio di Pham et al. (2018) evidenzia inoltre che nei magazzini di Amazon, a causa della velocità e precisione dei *cobot*, gli operatori umani percepiscono un'accelerazione e un'intensificazione del lavoro. Quindi, a fronte di un alleggerimento del carico fisico, l'introduzione dei *cobot* può portare a un aumento del carico mentale per gli operatori umani, a causa del ritmo imposto dalla macchina e di altri fattori.

Upskilling o Downskilling: lo sviluppo umano viene minacciato?

L'introduzione dei *cobot* può avere effetti contrastanti sulle competenze e lo sviluppo dell'operatore umano. Da un lato, può portare a un'accelerazione della standardizzazione del ciclo produttivo e dei compiti, spostando le competenze specifiche richieste dall'operatore al *cobot*. Ciò può comportare il

rischio di dequalificazione, poiché le capacità di apprendimento dei *cobot* (*machine learning*) diventano sempre più avanzate. Di conseguenza, la necessità di addestramento degli operatori può diminuire e molte competenze dei dipendenti possono diventare obsolete. Questo può portare a una perdita di significato del lavoro e a una minore autorealizzazione dei lavoratori (Smids et al., 2019). D'altra parte, lavorare con i *cobot* può offrire opportunità di apprendimento di nuove competenze tecniche. Ad esempio, l'affrontare processi produttivi complessi con l'uso dei *cobot* richiede la programmazione intuitiva[1], che consente anche agli operatori non esperti di creare e modificare i programmi dei *cobot*, favorendo l'*upskilling* degli operatori (Berkers et al., 2022; El Zaatari et al., 2019). Tuttavia, uno studio di Parker et al. (2020) suggerisce che tali opportunità di *upskilling* sono ancora limitate e che il potenziale di miglioramento delle competenze tecniche si realizza raramente.

Implicazioni dello studio

Con l'introduzione dei *cobot* la discussione accademica e non solo si è concentrata principalmente sugli aspetti funzionali della collaborazione uomo-*cobot* e anche sulle sue implicazioni sul futuro del lavoro. In questo studio, tuttavia, abbiamo esplorato le implicazioni della collaborazione tra l'operatore umano e il *cobot* sulle caratteristiche del lavoro, come l'uso delle competenze, la varietà delle attività umana, il contenuto del lavoro e l'autonomia; secondo le teorie del *work design* tali caratteristiche sono alla base delle prestazioni individuali (Parker et al., 2017; Morgesson e Humphrey, 2006). I risultati mostrano le contraddizioni che contraddistinguono attualmente le caratteristiche del lavoro alla luce dell'introduzione dei *cobot* nei processi produttivi, nonché i rischi e le opportunità ad esse associati. Tali risultati contraddittori indicano che è importante analizzare l'adozione del *cobot* in termini di strategie di *work design* e gestione delle risorse umane. Come può la tecnologia dei *cobot* essere depotenziante e contemporaneamente abilitante a livello del compito specifico? A tal proposito, Edwards e Ramirez (2016) suggeriscono di concentrarsi su diverse dimensioni delle tecnologie 4.0,

considerandone sia gli effetti previsti che quelli non intenzionali, gli effetti diretti e quelli indiretti, per capire come la loro adozione, implementazione e utilizzo modellano il lavoro e l'organizzazione.

I risultati di questo studio forniscono implicazioni importanti per la progettazione del lavoro e per la gestione delle risorse umane. In effetti, loro sottolineano l'importanza di considerare l'integrazione dei sistemi sociale e tecnico nella progettazione del lavoro fin dalle prime fasi del processo di trasformazione tecnologica, evitando un approccio tecno-centrico. A tal fine, anche il report di Deloitte (2017) sostiene che le aziende manifatturiere che coinvolgano i dipendenti sin dall'inizio del processo di design e implementazione dei *cobot* per promuovere una corrispondenza funzionale tra le richieste della collaborazione uomo-cobot e le competenze dei lavoratori, non solo sostengono la motivazione e il coinvolgimento dei dipendenti ma raggiungono, in generale, risultati migliori (Berkers et al., 2022). Nella progettazione delle linee di produzione basate sui *cobot*, è quindi necessario evitare che i dipendenti siano assegnati a compiti monotoni e alienanti che richiedono solo competenze di base, o a compiti troppo impegnativi in cui si prevede un alto rapporto di produzione[2]. Poiché le attività lavorative possono favorire l'autostima, il riconoscimento sociale e la valorizzazione delle capacità e dei risultati individuali (Delle Fave e Massimini, 2005), la gestione delle risorse umane deve prestare attenzione agli aspetti stimolanti della progettazione del lavoro, al fine di raggiungere gli obiettivi sociali, oltre a quelli tecnologici ed economici.

References

Acemoglu D., & Restrepo P. (2018). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. NBER, Working Paper

Ahmad, M., Mubin, O., & Orlando, J. (2017). A Systematic Review of Adaptivity in Human-Robot Interaction. *Multimodal Technological Interactions*, 1(14).

Argyle, E. M., Marinescu, A., Wilson, M.L., Lawson, G., & Sharples, S. (2021). Physiological indicators of task demand, fatigue, and cognition in future digital manufacturing environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 145

Autor, D.H., & Salomons, A. (2018). *Is automation labor-displacing? Productivity growth, employment, and the labor share*. National Bureau of Economic Research, Cambridge.

Belhassein, K., Fern, V., Castro, F., Mayima, A., Clodic, A., Guidetti, M., Pacherie, E., Alami, R., & Cochet, H. (2022). Addressing joint action challenges in HRI: Insights from psychology and philosophy. *Acta Psychologica*, 222

Berkers, H.A., Rispens, S., & Le Blanc, L.M. (2022). The role of robotization in work design: a comparative case study among logistic warehouses. *The International Journal of Human Resource Management*. DOI: 10.1080/09585192.2022.2043925

Burrell, J. (2016). How the machine 'thinks': understanding opacity in machine learning algorithms. *Big Data & Society*, 3(1). <https://doi.org/10.1177/2053951715622512>.

Cascio, W. F., & Montealegre, R. (2016). How technology is changing work and organizations. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 3(1), 349–375. <https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-041015-062352>

Charles, R.L., & Nixon, J. (2019). Measuring mental workload using physiological measures: a systematic review. *Appl. Ergon.*, 74, 221–232.

Delle Fave, A., & Massimini, F. (2005). The investigation of optimal experience and apathy: developmental and psychosocial implications. *European Psychologist*, 10, 264-274.

El Zaatari, S., Marei, M., Li, W., & Usman, Z. (2019). Cobot programming for collaborative industrial tasks: An overview. *Robotics and Autonomous Systems*, 116, 162-180,

Huws, U. (2014). *Labor in the Global Digital Economy*. New York: Monthly Review Press.

Jerčić, P., Hagelbäck, J., & Lindley, C. (2019). An affective serious game for collaboration between humans and robots. *Entertainment Computing*, 32.

Kadir, B. A., Broberg, O., & Souza Da Conceição, C. (2018). Designing human-robot collaborations in industry 4.0: Explorative case studies. *Proceedings of International Design Conference*, 2, 601-610.
<https://doi.org/10.21278/idc.2018.0319>

Kildal, J., Tellaeche, A., Fernández, I., & Murtua, I. (2018). Potential users' key concerns and expectations for the adoption of cobots. *Procedia CIRP*, 72, 21-26.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.104>

Mc Kinsey & Company. (2018). *Skill shift automation and the future of the workforce*. Discussion Paper.

<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/public%20and%20social%20sector/our%20insights/skill%20shift%20automation%20and%20the%20future%20of%20the%20workforce/mgi-skill-shift-automation-and-future-of-the-workforce-may-2018.pdf>

Morgeson F. P., & Humphrey, S. E. (2006). The Work Design Questionnaire (WDQ): Developing and Validating a Comprehensive Measure for Assessing Job health, ambidexterity, and more. *Annual Review of Psychology*, 65(1), 661-691.

Parker, S.K., & Grote, G. (2020). Automation, Algorithms, and Beyond: Why Work Design Matters More Than Ever in a Digital World. *Applied Psychology*, 0, 1–45.

Parker, S. K., Morgeson, F. P., & Johns, G. (2017). One hundred years of work design research: Looking back and looking forward. *Journal of Applied Psychology*, 102(3), 403.

Parker, S.K., Wall, T.D., & Cordery, J.L. (2001). Future work design research and practice: Towards an elaborated model of work design. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 74, 413–440.

Pham, Q., Madhavan, R., Righetti, L., Smart, W., & Chatila, R. (2018). The Impact of Robotics and Automation on Working Conditions and Employment [Ethical, Legal, and Societal Issues]. *IEEE Robotics Autom. Mag.*, 25, 126-128.

Pollak, A., Paliga, M., Pulooulos, M.M., Kozusznik, B., & Kozusznik, M.W. (2020). Stress in manual and autonomous modes of collaboration with a cobot. *Computers in Human Behavior*.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106469>.

Riek, L.D. (2017). Healthcare Robotics. *Communications of the ACM*, 60 (11), 68-78.

Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(3), 811-833.

Senders, J. T., Arnaout, O., Karhade, A. V., Dasenbrock, H. H., Gormley, W. B., Broekman, M. L., & Sherwani, K.I., Kumar, N., Chemori, A., Khan, M., & Mohammed, S. (2019). Rise-based adaptive control for exoskeleton to assist knee joint mobility. *Robotics and Autonomous Systems*.

Smids, J., Nyholm, S., & Berkers, H. (2019). Robots in the Workplace: a Threat to—or Opportunity for—Meaningful Work? *Philosophy and Technology*, 33, 503–522.

<https://doi.org/10.1007/s13347-019-00377-4>

Srnicek, N., & Williams, A. (2015). *Inventing the Future: Post capitalism and a World Without Work*. Verso. ISBN 978-1-78478-097-5

Van Wynsberghe, A., & Comes, T. (2020). Drones in humanitarian contexts, robot ethics, and the human–robot interaction. *Ethics and Information Technology*, 22(1), 43–53.

<https://doi.org/10.1007/s10676-019-09514-1>

Wang, B., Liu, Y., Qian, J., & Parker, S.K. (2020). Achieving Effective Remote Working During the COVID-19 Pandemic: A Work Design Perspective. *Appl. Psychol.*

Welfare, K. S., Hallowell, M. R., Shah, J. A., & Riek, L. D. (2019). Consider the Human Work Experience when Integrating Robotics in the Workplace Katherine. 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), 75–84. Wingfield, N. (2017). As Amazon pushes forward with robots, workers find new roles. *The New York Times*.

<https://www.nytimes.com/2017/09/10/technology/amazon-robots-workers.html>.

[1] Funzionalità di programmazione che dà al *cobot* la capacità di agire flessibilmente e/o essere programmato in modo intuitivo. Ad esempio, un operatore controlla un *cobot* tramite un canale di comunicazione che può essere verbale (discorso) o non verbale. Il ruolo off-line del programmatore è quello di programmare e definire le possibili azioni del *cobot* e il controllo del movimento sottostante (El-Zaatari, 2019)

[2] Il rapporto di produzione misura la produzione effettiva per un periodo. Viene misurata in ore di manodopera diretta, si confronta con le ore preventivate per un centro di produzione.