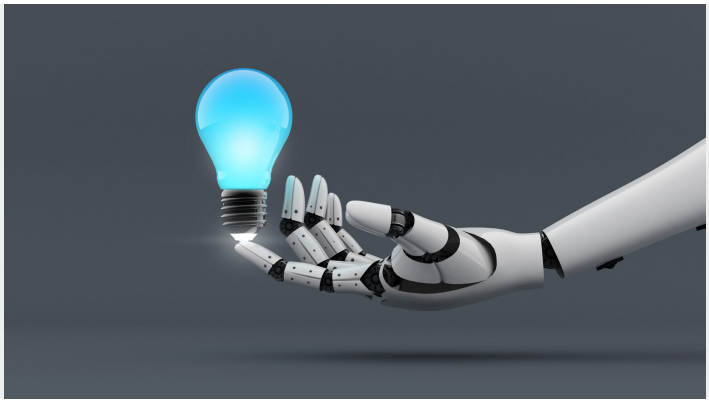
prospettiveinORGANIZZAZIONE
Rivista trimestrale di Organizzazione Aziendale
ISSN: 2465-1753

INDUSTRIA 4.0: COME CAMBIA IL LAVORO CON L'INTRODUZIONE DEI COBOT NEI PROCESSI PRODUTTIVI MANIFATTURIERI?

Pubblicato il8 Novembre 2023 di Shaba Emanuela, Lazazzara Alessandra, Solari Luca e Delle Fave Antonella



Categoria: Digital Organization

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).

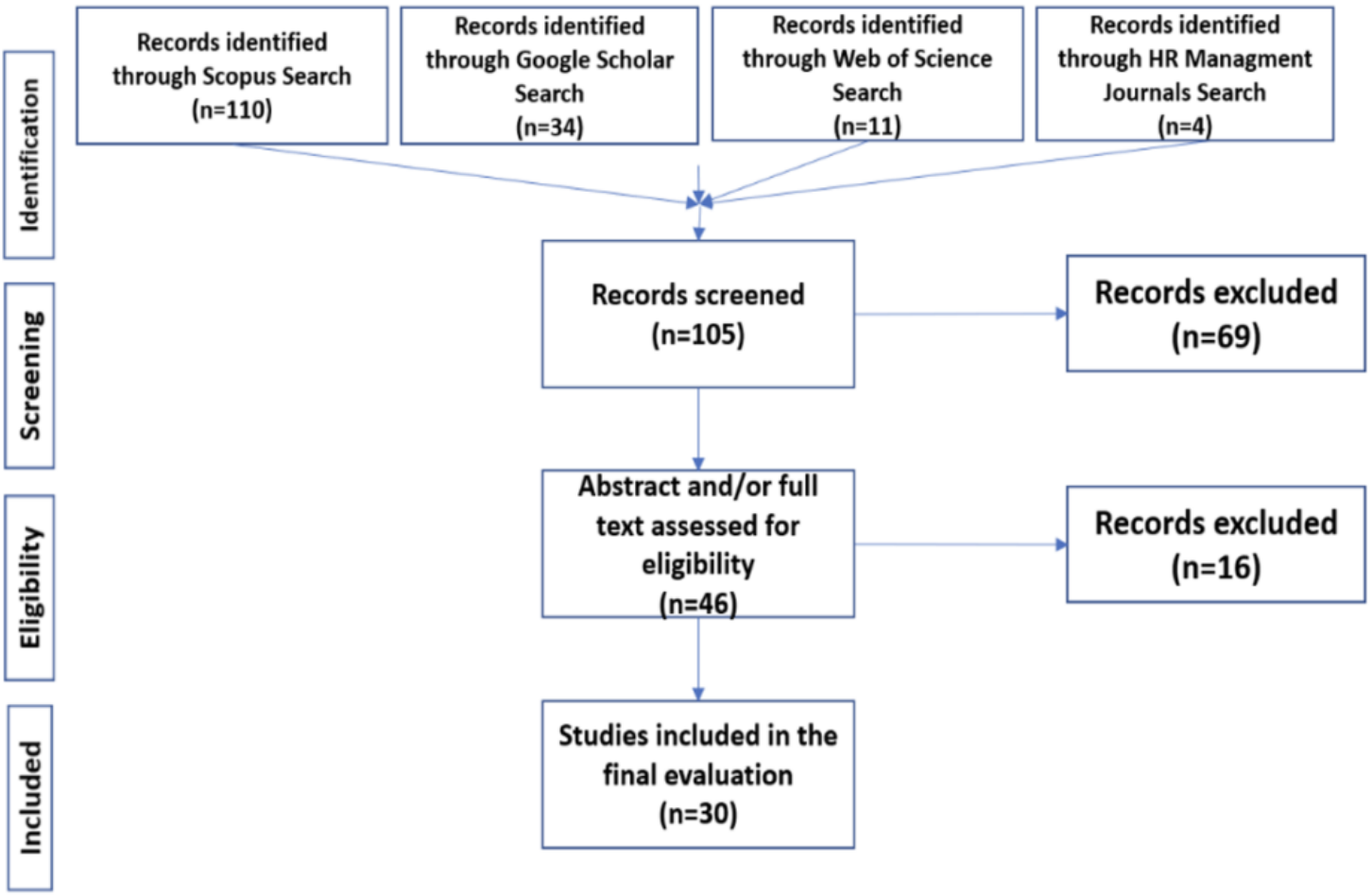


Fig. 1 Prisma flow chart

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 *cobot* si occupano di compiti noiosi; gli operatori si concentrano su compiti apparentemente più significativi	I *cobot* 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 *cobot* 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 *cobot*	Con machine learning i *cobot* stanno assumendo alcune attività più impegnative con tassi di precisione più elevati; quindi, il lavoro degli operatori diventa meno impegnativo.
		I *cobot* 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 *cobot* eseguono compiti pesanti e di routine, scaricando l'operatore dal pesante fardello di compiti ripetitivi, faticosi e noiosi.	I *cobot* 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 *cobot* 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		*Cobot* esegue compiti ripetitivi e fisicamente impegnativi; Il lavoratore sta assumendo le parti più flessibili e ad alta variazione delle attività.	Con l'introduzione del *cobot* il numero di attività viene ridotto. Compiti come pianificare un percorso, camminare e cercare il prodotto nel magazzino, sono statti eliminati dalla descrizione del lavoro
Autonomia		Mentre *il Cobot* 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 *cobot* c'è una maggiore standardizzazione dei processi di lavoro; La sequenza delle operazioni da svolgere dipende fortemente dalle funzionalità tecniche del *cobot* (i.e. la velocità) minacciando il processo decisionale individuale.
Competenze		L'introduzione del *cobot* richiede agli operatori di acquisire nuove competenze tecniche.	L'introduzione dei *cobot* può portare a un'accelerazione della standardizzazione del ciclo produttivo e dei compiti, spostando le competenze specifiche richieste dall'operatore al *cobot*
			Pericoli di dequalificazione dovuti anche alle tecniche di apprendimento automatico (Machine Learning) dei *cobot*

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 (Burrel 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 manufatturiere 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 Technolical Interactions, 1(14).

Argyle, E. M., Marinescua, A., Wilson, M.L., Lawsona, 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., & Maurtua, 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., Pulopulos, 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.