

INDUSTRIA 4.0: POSTI DI LAVORO, OCCUPAZIONI E COMPETENZE IN EVOLUZIONE

Paola Fantini^(a), Marta Pinzone^(a), Marco Taisch^(a),
Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Gestionale

Abstract

Negli ultimi anni è emersa la consapevolezza delle potenzialità derivanti da un utilizzo congiunto e sinergico delle tecnologie disponibili per trasformare in modo sostanziale le attività produttive secondo la visione di Industria 4.0. Questa metamorfosi è abilitata dall'introduzione di tecnologie specifiche, quali la manifattura additiva, robot collaborativi, realtà virtuale ed aumentata, ma soprattutto dalla possibilità di connettere intimamente il mondo reale con il mondo digitale, integrando capacità sensoriali, attuative, computazionali e di comunicazione per creare i cosiddetti sistemi ciber-fisici. Mentre i settori industriali procedono nel loro percorso di adozione delle tecnologie e dei modelli di Industria 4.0, il tema dell'integrazione delle persone con i sistemi ciber-fisici, e più in generale dei cambiamenti che la quarta rivoluzione industriale porterà alle occupazioni e alle competenze, appare sempre più rilevante, attraendo l'attenzione degli studiosi e dei molti stakeholder, per gli impatti sul mercato del lavoro e delle professioni, sul mondo dell'istruzione, sul settore della consulenza organizzativa, selezione e formazione, sull'economia e la società nel suo complesso. In questo articolo, presentiamo una sintesi dei risultati delle nostre ricerche sull'evoluzione di occupazioni e competenze, sui posti di lavoro antropocentrici abilitati dalle nuove tecnologie e proponiamo qualche riflessione sulle criticità e opportunità della migrazione verso Industria 4.0.

Keywords: Industria 4.0, lavoro antropocentrico, competenze 4.0

1. Introduzione

Negli ultimi anni è emersa la consapevolezza delle potenzialità derivanti da un utilizzo congiunto e sinergico delle tecnologie disponibili per trasformare in modo sostanziale le attività produttive. Con la denominazione di Industria 4.0 è stata introdotta una prima visione di come i processi di business dovrebbero essere rimodellati per potere fornire a clienti e utilizzatori prodotti e servizi sempre più vicini ai loro bisogni e desideri individuali, in tempi che tendono ad abbreviarsi sino ad annullarsi nella coincidenza tra l'insorgere dell'esigenza ed il suo soddisfacimento. L'e-commerce, le piattaforme di servizi on-line hanno abituato gli acquirenti ad una facile ed immediata risposta alle proprie esigenze. Alcuni servizi, ad esempio nel campo dell'informazione, sono concepiti per una estrema personalizzazione dei contenuti e della frequenza dei tempi di erogazione. Industria 4.0 offre alle aziende industriali soluzioni per raggiungere la velocità e

flessibilità di risposta adeguate alle esigenze dei clienti, attraverso l'acquisizione di nuove capacità per la gestione ed esecuzione dei processi produttivi, superando le difficoltà legate alla materialità e agli alti livelli di complessità. L'integrazione delle diverse tecnologie abilitanti offre alle aziende industriali nuove opportunità per dare più valore ai propri clienti, ma anche per portare vantaggio competitivo a tutta la catena del valore, per attuare strategie per la sostenibilità ambientale e sociale. In particolare, con il supporto delle tecnologie è possibile sviluppare e realizzare modelli di fabbrica socialmente sostenibili (Berlin C., Barletta I., Fantini P., Georgoulas K., Hanisch C., Lanz M., Latokartano J., Pinzone M., Schönborn G., Stahre J., Taisch M., Tuokko R., 2016) (Fantini, Taisch, & Palasciano, 2013), che concepiscano prodotti e servizi nel rispetto dei diritti dei diversi gruppi sociali (Fantini P., Opresnik D., Pinzone M., 2015), e siano antropocentriche. Le tecnologie offrono opportunità, ma le aziende definiscono i propri obiettivi, strategie, traiettorie e realizzano risultati sulla base delle persone che le governano a che vi partecipano.

In questo lavoro presenteremo i risultati delle nostre ricerche sulle interazioni tra l'evoluzione degli scenari tecnologici ed i lavoratori. Il documento ha la seguente struttura: nella sezione 2 si delineano gli scenari caratterizzanti Industria 4.0. Nella sezione 3 si descrive come le opportunità tecnologiche possano abilitare la creazione di nuovi posti di lavoro "antropocentrici". Successivamente, nella sezione 4, si fornisce una panoramica sui risultati: la ricerca effettuata nell'ambito dell'Osservatorio Industria 4.0 su competenze e occupazioni. Infine, nella sezione 5, si delineano alcuni spunti di riflessione e questioni ancora aperte.

2. Gli scenari di Industria 4.0

La visione di Industria 4.0 si basa sulla realizzazione di sistemi ciber-fisici, i quali consentono di connettere il mondo materiale al mondo digitale (Henning, Kagermann, Wolfgang, Wahlster, Johannes, 2013), avvalendosi di una serie di tecnologie abilitanti. In particolare, ogni oggetto fisico - inclusi macchinari, attrezzature, prodotti - è collegato ad una sua proiezione nel mondo digitale. Grazie a questo meccanismo, il mondo fisico è rappresentato nel mondo digitale. Inoltre, grazie a collegamenti con sensori, attuatori e processori, gli oggetti fisici possono essere monitorati e controllati attraverso il mondo digitale. Da questa integrazione verticale della materialità dell'officina con i sistemi di informazione e governo, deriva un nuovo concetto di Fabbrica, con un diverso profilo delle Operations¹ e del lavoro delle persone.

Nel mondo digitale è inoltre possibile connettere i processi di acquisto, vendita e collaborazione con i clienti e i fornitori. Da questa integrazione orizzontale

¹ Compiti e processi operativi, quali produzione e logistica

deriva un nuovo concetto di Supply Chain². Infine, Industria 4.0 prevede una terza integrazione, “dal principio alla fine”, per la progettazione, lo sviluppo e realizzazione di nuovi prodotti e servizi, sfruttando la congiunzione tra il mondo digitale dei progetti e quello fisico degli oggetti prodotti.

a. La Fabbrica e le Operations

La prima delle aree che subisce una trasformazione importante con l'introduzione di Industria 4.0 comprende la fabbrica, o più in generale i sistemi produttivi e le Operations. Questa area fa riferimento a tutte le attività di trasformazione e assemblaggio di materie prime e componenti per soddisfare gli ordini dei clienti. A questa area appartengono diversi e significativi gruppi di occupazioni, quali quelli legati alla produzione, qualità, manutenzione, logistica interna.

Come anticipato nell'introduzione, Industria 4.0 consentirà l'integrazione dei sistemi produttivi perché nel suo complesso la Fabbrica 4.0 possa rispondere al meglio alle esigenze del business.

In questo caso, il sistema produttivo organizza autonomamente la produzione per soddisfare gli ordini dei clienti, rispondendo alla loro crescente variabilità. Le lavorazioni sono assegnate ai diversi stabilimenti, linee, stazioni di lavoro per massimizzare le prestazioni. Accanto alle tradizionali tecnologie, si possono trovare nuove tecnologie di processo, quali le “stampanti 3D”.

La gestione viene ottimizzata avvalendosi dei dati raccolti in tempo reale dai sensori (Big Data). Le macchine e i processi sono regolati tenendo conto dell'efficienza energetica, dei consumi di risorse, della qualità e di altri aspetti rilevanti. Gli operatori sono supportati fisicamente e cognitivamente da robot collaborativi e dispositivi indossabili, da applicazioni di realtà virtuale/aumentata, mentre veicoli autonomi provvedono al trasporto di componenti, prodotti, strumenti. Tutti gli oggetti fisici sono collegati ad un loro gemello digitale che ne rappresenta caratteristiche, stato attuale e storia passata.

b. La Supply Chain

Nello scenario evolutivo di Industria 4.0, le imprese sono connesse attraverso reti di collaborazione (Digital Supply Networks DSN) che, condividendo informazioni, conoscenze e previsioni, possono riadattare rapidamente la propria programmazione ed eventualmente riconfigurarsi ed aprirsi ad ulteriori attori in funzione delle situazioni. Le reti collaborano avvalendosi di piattaforme cloud per servire al meglio i clienti, garantire la qualità, affidabilità ed i tempi di consegna. Tengono sotto controllo l'ambiente esterno (es. social media, notiziari, registri di navigazione), intercettano gli eventi ed interpretano i segnali (Big Data) che

² Catena di fornitura

influenzano la domanda o che possono generare un impatto sulla catena di fornitura. Sfruttano le tecnologie per migliorare le prestazioni complessive, con particolare attenzione alla logistica (es. veicoli autonomi, magazzini automatizzati, dispositivi indossabili per gli operatori, ecc.) e alla gestione dei ricambi (es. produzione in loco con stampa 3D). Garantiscono trasparenza e tracciabilità delle forniture in tutti i passaggi.

c. La Progettazione del Prodotto-Servizio

L'area della progettazione e industrializzazione fa riferimento alle attività di sviluppo di nuovi-prodotti e servizi, alla progettazione del loro ciclo di vita: dalla fase di produzione, alla fase di acquisizione e utilizzo, fino alla fine della vita utile ed inizio di eventuali fasi di riuso, rilavorazione (re-manufacturing) o riciclo. Secondo la visione di Industria 4.0, anche questa area tecnica, evolve o prosegue una trasformazione già in atto verso la digitalizzazione dei processi e la progettazione di prodotti-servizi. Ovvero di oggetti dotati di capacità di sentire, elaborare, comunicare per costituire piattaforme per l'erogazione di servizi, come bracciali smart che offrono servizi di training o sistemi di illuminazione che offrono la possibilità di essere regolati e programmati in modo personalizzato da applicazioni su dispositivi *mobile*.

Nello scenario evolutivo di Industria 4.0, i clienti ordinano beni personalizzati che co-progettano/configurano su apposite piattaforme software in modo che si adattino perfettamente alle esigenze individuali, pur mantenendo le caratteristiche di producibilità ed i costi della produzione di massa (mass customization). Talvolta la personalizzazione avviene anche con il contributo di altri attori dell'ecosistema, i Makers dotati di stampanti 3D, per corredare i prodotti con maniglie, carter, custodie ed altri componenti di design.

I prodotti-servizi, quali ad esempio le auto a noleggio, sono progettati congiuntamente per offrire la migliore esperienza d'uso ai clienti (società di renting), ed utilizzatori finali (cittadini). I prodotti *smart* sono dotati di sensori e sistemi di elaborazione e comunicazione per permettere ai fornitori di rilevare i comportamenti di uso ed i parametri di funzionamento di prodotti e attrezzature e di offrire servizi (es. manutenzione predittiva, diagnostica, regolazioni e consigli sull'uso).

L'innovazione è stimolata dalla disponibilità di materiali e tecnologie di processo innovative. La progettazione tiene conto di tutto il ciclo di vita del prodotto-servizio. Attraverso tecniche digitali di modellazione tridimensionale, prototipazione virtuale, simulazioni, è possibile procedere rapidamente nelle varie iterazioni, verificando e validando il progetto rispetto alla fattibilità, esperienza d'uso, manutenibilità, recupero o riciclo a fine vita.

3. Verso posti di lavoro antropocentrici abilitati dalle tecnologie 4.0

Un approccio antropocentrico al lavoro, può essere supportato dalle tecnologie. Le caratteristiche e i bisogni individuali delle persone sono il punto di partenza per la progettazione dei posti di lavoro, per l'organizzazione dei compiti e la pianificazione del training. Nei nostri lavori di ricerca abbiamo analizzato i requisiti (Gokan May et al., 2014) e sviluppato modelli per la fabbrica antropocentrica (Gökkan May et al., 2015) al fine di migliorare la salute e il benessere dei lavoratori. In particolare, i lavoratori hanno caratteristiche diverse. Alcune ricerche e sperimentazioni hanno messo in evidenza le esigenze dei lavoratori anziani, ad esempio costruendo linee dedicate, come nel caso caso dell'impianto BMW di Dingolfing (Loch, Sting, Bauer, & Mauermann, 2010) o adeguando le interfacce alle loro ridotte capacità sensoriali (Peruzzini & Pellicciari, 2016). Nel progetto MAN_MADE, sono state sviluppate soluzioni che permettono la personalizzazione delle stazioni di lavoro, adattandole dinamicamente alle caratteristiche antropometriche dei lavoratori, al loro destrismo, mancino, alle loro preferenze in termini di condizioni microclimatiche e di illuminazione (Bettoni et al., 2014). Abbiamo esteso il concetto di esperienza dell'utilizzatore (user experience) a tutto il ciclo di vita delle stazioni di lavoro, tenendo in considerazione le diverse percezioni sensoriali (Fantini P., Pinzone M., Taisch M., Altesa J, 2016). Inoltre abbiamo sviluppato un sistema basato su un modello matematico per l'allocazione delle persone ai diversi job, sulla base delle abilità, delle skill e delle preferenze individuali (Fiasche, Pinzone, Fantini, Alexandru, & Taisch, 2016). Questo strumento non solo facilita l'integrazione delle persone disabili, ma ottimizza in generale l'abbinamento tra i lavoratori ed i compiti da svolgere, evitando incompatibilità e riducendo possibili cause di stress. Il modello antropocentrico proposto, prevede anche la pianificazione della formazione e del training su base individuale, ottimizzata sulla base di molteplici obiettivi potenzialmente confliggenti, quali la massimizzazione dell'allineamento delle competenze rispetto ai compiti ed il contenimento dei costi (Pinzone, Fantini, Fiasché, & Taisch, 2016). E' importante considerare il nuovo ambiente produttivo contraddistinto dalla presenza crescente di robot collaborativi per preparare sistemi efficaci di trasferimento delle conoscenze dagli esperti di queste tecnologie agli operatori, per facilitare lo sviluppo delle competenze e del ruolo dei lavoratori (Fantini P., Pinzone M., Sella F., Taisch M., 2018). Il modello di una fabbrica antropocentrica non si esaurisce all'interno dei confini della stessa, ma prende in considerazione i diversi bisogni dei lavoratori, nella loro dimensione di persone inserite in un contesto familiare, comunitario e territoriale. In questa direzione, sono state sviluppate piattaforme per suggerire e facilitare l'accesso dei lavoratori a servizi ed iniziative mirate alle loro esigenze e desideri, quali a titolo di esempio i servizi sportivi, con l'obiettivo ulteriore di fornire loro strumenti per valutare gli impatti di opzioni diverse in termini di sostenibilità. In questo modo si favorisce l'incontro tra domanda, offerta, sharing tra i lavoratori e altri attori del territorio, evidenziando gli abbinamenti che massimizzano la soddisfazione dei requisiti e minimizzano, ad esempio, l'utilizzo di mezzi di trasporto inquinanti.

4. Occupazioni e competenze nella prospettiva di Industria 4.0

La maggioranza delle imprese italiane, secondo una survey recente (Osservatorio Industria 4.0 Politecnico di Milano, 2017), non si sentono sufficientemente preparate per Industria 4.0. Come illustrato precedentemente, l'integrazione delle tecnologie e l'adesione al modello di Industria 4.0 ha un impatto sui macro processi aziendali. Il tema delle skill è al centro del dibattito a diversi livelli per i suoi diversi impatti: sul mondo delle imprese in termini di skill gap, sul mondo dell'istruzione e della formazione per la ridefinizione dei curricula, sull'economia e sulla società per le ricadute in termini di occupazione e sul tenore e la qualità della vita.

La ricerca effettuata nell'ambito dell'Osservatorio Industria 4.0 (Pinzone, Marta; Fantini, Paola; Perini, 2017), ha consentito di identificare in via esplorativa gruppi di competenze strategico-manageriali e tecniche necessarie per supportare questa trasformazione per le seguenti aree: Gestione della Produzione e Operations; Supply Chain; Ingegneria di Prodotto-Processo, Integrazione delle tecnologie ICT³ con le tecnologie produttive; Data Science. Questo serbatoio di "100+ skills", può costituire una base di partenza per la definizione di nuovi o per l'aggiornamento dei profili occupazionali esistenti, nella prospettiva di Industria 4.0. In questa direzione, il lavoro si è avviato prendendo in considerazione alcune occupazioni particolarmente significative nell'area delle Operations e nelle altre esaminate. L'Operatore 4.0, il quale dovrà acquisire ad esempio competenze legate all'utilizzo di tecnologie accrescitive, la capacità di interpretare dati quantitativi e grafici relativi a KPIs⁴, la capacità di interpretare modelli digitali 3D⁵. Il manutentore remoto, il quale dovrà acquisire ulteriori competenze per l'analisi e l'interpretazione dei dati provenienti dai sensori. L'Operations Manager, al quale saranno richieste in particolare competenze per definire la strategia ed il coordinamento per il dispiegamento di Industria 4.0, per il miglioramento dei processi fisici-digitali e la capacità di gestire risorse umane dotate di dispositivi che ne amplificano la conoscenza, la consapevolezza e riconoscimento delle situazioni, la capacità di intervento. Altre figure e competenze sono state analizzate e descritte nel report della ricerca (Osservatorio Industria 4.0 - Politecnico di Milano, 2017).

³ Information and Communication Technologies

⁴ KPIs (Key Performance indicators)

⁵ 3D in tre dimensioni, tridimensionale

5. Prospettive future: alcune riflessioni e questioni aperte

Industria 4.0 è ancora una visione di scenari futuri incoraggiata dai governi per sviluppare l'economia e sostenere l'occupazione. Le imprese hanno iniziato a percorrere i primi tratti del percorso, acquisendo maggiori informazioni e realizzando progetti. Secondo le nostre indagini, "le applicazioni delle nostre imprese sono cresciute in numero e complessità" (Osservatorio Industria 4.0 Politecnico di Milano, 2017).

Le implicazioni per il lavoro non sono ancora chiare. A livello di ricerca il dibattito è aperto tra coloro che vedono con preoccupazione una diminuzione dei posti di lavoro e gli studiosi che prevedono la creazione di nuovi posti di lavoro, con evidenze contraddittorie (European Commission, 2017). Come le persone si integrino con i sistemi ciber-fisici mantenendo il lavoratore all'interno del ciclo di controllo (Human-in-the-Loop) o all'interno di una rete di decisioni (Human-in-the-Mesh) rappresenta un interessante e aperto oggetto di studio (Fantini et al., 2016).

Ancora incerti appaiono anche gli impatti sulla relazione di potere tra persone e tecnologie esemplificata dai due paradigmi estremi: lo scenario che vede i sistemi ciber-fisici detenere la leadership ed il controllo sugli operatori e lo scenario che vede i lavoratori utilizzare i sistemi ciber-fisici come strumenti (Dworschak & Zaiser, 2014). Anche a fronte di aspettative positive circa l'ampliamento e l'arricchimento delle mansioni, per la necessità di gestire una maggiore complessità, più alti livelli astrazione, e sempre più problemi da risolvere, gli analisti vedono i rischi di possibile sovraccarico, alienazione rispetto all'esperienza sensibile e perdita di creatività (Jan Smit, Stephan Kreutzer, Carolin Moeller, & Malin Carlberg, 2016).

L'applicazione delle nuove tecnologie, così come tratteggiate negli scenari di Industria 4.0, e la relazione sempre più intima tra persone e sistemi ciber-fisici, la sorveglianza ed il tracciamento continuo del mondo fisico, la pervasività dell'intelligenza artificiale, la crescente difficoltà a prevedere i comportamenti sistemici ed emergenti, evidenziano aree di possibile criticità per la privacy, la sicurezza fisica, l'autonomia ed i diritti dei lavoratori.

Sono sicuramente necessarie figure professionali con competenze all'altezza delle sfide in gioco, che sappiano sfruttare le potenzialità e prendere il controllo delle tecnologie per trarne il massimo vantaggio per la sostenibilità economica, ambientale e sociale delle imprese, nonché per lo sviluppo e il benessere delle persone e del loro contesto sociale. Come brevemente descritto, Industria 4.0 offre nuove opportunità per superare alcune barriere tipiche del mondo produttivo tradizionale e apre prospettive per un lavoro più flessibile, non sempre vincolato alla postazione fisica, con maggiore supporto e apertura verso il mondo esterno. Confidiamo che la società, nelle sue diverse parti, saprà orientare le trasformazioni verso uno sviluppo inclusivo e sostenibile.

Bibliografia

- Berlin C., Barletta I., Fantini P., Georgoulas K., Hanisch C., Lanz M., Latokartano J., Pinzone M., Schönborn G., Stahre J., Taisch M., Tuokko R. (2016). Prerequisites and Conditions for Socially Sustainable Manufacturing in Europe's Future Factories—Results Overview from the SO SMART Project. In T. S. Schlick C. (Ed.), *Advances in Ergonomics of Manufacturing: Managing the Enterprise of the Future. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer, Cham. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-41697-7_28
- Bettoni, A., Cinus, M., Sorlini, M., May, G., Taisch, M., & Pedrazzoli, P. (2014). Anthropocentric Workplaces of the Future Approached through a New Holistic Vision. In *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (Vol. 439, pp. 398–405). https://doi.org/10.1007/978-3-662-44736-9_49
- Dworschak, B., & Zaiser, H. (2014). Competences for Cyber-physical Systems in Manufacturing – First Findings and Scenarios. *Procedia CIRP*, 25, 345–350. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.10.048>
- European Commission. (2017). A concept paper on digitisation, employability and inclusiveness. The role of Europe., (May), 12. Retrieved from file:///C:/Users/brytofe/AppData/Local/Temp/ConceptpaperDigitisationemployabilityandinclusivenesstheroleofEurope.pdf
- Fantini, P., Taisch, M., & Palasciano, C. (2013). Social Sustainability: Perspectives on the Role of Manufacturing. *Advances in Production Management Systems. Sustainable Production and Service Supply Chains*, 414, 62–69. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41266-0_8
- Fantini, P., Tavola, G., Taisch, M., Barbosa, J., Leitao, P., Liu, Y., ... Lohse, N. (2016). Exploring the integration of the human as a flexibility factor in CPS enabled manufacturing environments: Methodology and results. In *IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society* (pp. 5711–5716). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IECON.2016.7793579>
- Fantini P., Opresnik D., Pinzone M., T. M. (2015). The interplay between product-services and social sustainability: Exploring the value along the lifecycle. In von C. G. Umeda S., Nakano M., Mizuyama H., Hibino H., Kiritsis D. (Ed.), *Advances in Production Management Systems: Innovative Production Management Towards Sustainable Growth* (pp. 567–574). Springer, Cham. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-22759-7_65
- Fantini P., Pinzone M., Sella F., Taisch M. (2018). Collaborative Robots and New Product Introduction: Capturing and Transferring Human Expert Knowledge to the Operators. In S. Trzcielinski (Ed.), *Advances in Ergonomics of Manufacturing: Managing the Enterprise of the Future* (pp. 259–270). Springer International Publishing AG 2018. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-60474-9>
- Fantini P., Pinzone M., Taisch M., Altesa J. (2016). Human-Centric Manufacturing Workplaces: Aiming at Increasing Attractiveness and User Experience. In N. I. et Al (Ed.), *Advances in Production Management Systems. Initiatives for a Sustainable World. APMS 2016. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 488*. Springer, Cham. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7_43
- Fiasche, M., Pinzone, M., Fantini, P., Alexandru, A., & Taisch, M. (2016). Human-centric factories 4.0: A mathematical model for job allocation. In *2016 IEEE 2nd*

International Forum on Research and Technologies for Society and Industry Leveraging a Better Tomorrow, RTSI 2016. <https://doi.org/10.1109/RTSI.2016.7740613>

Henning, Kagermann, Wolfgang, Wahlster, Johannes, H. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. *Final Report of the Industrie 4.0 WG*, (April), 82. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1205.8966>

Jan SMIT, C. for S. & E. S. L., Stephan KREUTZER, C. for S. & E. S. L., Carolin MOELLER, C. for S. & E. S. L., & Malin CARLBERG, C. for S. & E. S. L. (2016). *Industry 4.0 Study*.

Loch, C. H., Sting, F. J., Bauer, N., & Mauermann, H. (2010). How BMW is defusing the demographic time bomb. *Harvard Business Review*, 88(3), 99–102.

May, G., Maghazei, O., Taisch, M., Bettoni, A., Cinus, M., & Matarazzo, A. (2014). Toward Human-Centric Factories: Requirements and Design Aspects of a Worker-Centric Job Allocator. In *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (Vol. 440, pp. 417–424). https://doi.org/10.1007/978-3-662-44733-8_52

May, G., Taisch, M., Bettoni, A., Maghazei, O., Matarazzo, A., & Stahl, B. (2015). A new human-centric factory model. In *Procedia CIRP* (Vol. 26, pp. 103–108). <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.112>

Osservatorio Industria 4.0 - Politecnico di Milano. (2017). Jobs & Skills 4.0: quale evoluzione per professioni, competenze e formazione? Report 2017.

Osservatorio Industria 4.0 Politecnico di Milano. (2017). *Industria 4.0: la grande occasione per l'Italia*".

Peruzzini, M., & Pellicciari, M. (2016). A framework to design a human-centred adaptive manufacturing system for aging workers. *Advanced Engineering Informatics*. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2017.02.003>

Pinzone, Marta; Fantini, Paola; Perini, S. G. S. T. M. M. G. (2017). Jobs and skills in Industry 4.0: an exploratory research. *Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing*. 0, 1–7.

Pinzone, M., Fantini, P., Fiasché, M., & Taisch, M. (2016). A Multi-horizon, Multi-objective Training Planner: Building the Skills for Manufacturing (pp. 517–526). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33747-0_51