

Lavoro e competenze nel paradigma di Industria 4.0: inquadramento teorico e prime risultanze empiriche

Francesco Seghezzi*

Sommario: **1.** Industria 4.0 come fenomeno tecnologico: una definizione. – **2.** Oltre la tecnologia, una rivoluzione sociale. – **3.** Lavoro e tecnologia nella grande trasformazione. – **4.** La complementarità rafforzata nel nuovo rapporto uomo-macchina. – **5.** Esperienza di lavoro e *subjectifying action*. – **6.** Lavoro e competenze in Industria 4.0 in Italia. – **7.** Osservazioni conclusive.

Tra i limiti principali della ricerca sulla c.d. *quarta rivoluzione industriale* ⁽¹⁾ si riscontra sicuramente quello di identificarla unicamente come un nuovo paradigma ⁽²⁾ tecnologico. Con la conseguenza che la valutazione stessa dei suoi livelli di applicazione spesso si concentri sulla tecnologia presente e sugli investimenti effettuati. Lungi dal negare il ruolo di tale fattore come oggetto qualificante il cambiamento in atto, è proprio la centralità dell'elemento tecnologico nei sistemi produttivi, negli strumenti ormai di supporto nella vita quotidiana, dal suo ingresso nelle dinamiche sociali, economiche, politiche e culturali, che fa sì che tale rivoluzione possa essere compresa unicamente se la si affronta con uno sguardo olistico.

* *Assegnista di ricerca Università di Modena e Reggio Emilia e Direttore Fondazione ADAPT.*

⁽¹⁾ Sull'idea di Quarta rivoluzione industriale si veda K. SCHWAB, *La quarta rivoluzione industriale*, Franco Angeli, 2016.

⁽²⁾ Si utilizza, adattandolo allo studio delle scienze sociali, il termine paradigma nel modo in cui l'ha inteso Kuhn ossia «l'insieme coordinato di postulati, leggi universali e teorie generali che costituiscono il corpo consolidato di conoscenze, categorie e strumenti accettati dalla comunità scientifica» (cfr. T.S. KUHN, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, 1969, 49).

È invero sono diversi gli elementi che sembrano giustificare che la natura rivoluzionaria del fenomeno di *Industry 4.0* ⁽³⁾ sia quella di una

⁽³⁾ Il termine deriva dal tedesco *Industrie 4.0*, utilizzato per la prima volta all'Hannover Messe del 2011. Nel gennaio del 2011 *Industrie 4.0* è stato avviato come progetto del Governo federale dal Comitato promotore della Industry-Science Research Alliance, in partnership con Acatech – National Academy of Science and Engineering, e ha dato vita ad un gruppo di lavoro coordinato da Siegfried Dais (Robert Bosch GmbH) e da Henning Kagermann (presidente di Acatech). Nello stesso anno il termine *Industrie 4.0* è stato utilizzato alla Hannover Messe nel discorso di apertura tenuto da Wolfgang Wahlster, direttore e CEO del German Research Center for Artificial Intelligence. Già a partire dal 2006 era stata lanciata in Germania la *High-Tech Strategy* (all'interno della quale troviamo la Industry-Science Research Alliance) con l'obiettivo di coordinare e finanziare gli attori nazionali che potevano aiutare nello sviluppo di nuove tecnologie, la strategia è stata poi rinnovata nel 2010 con il nome di *High-Tech Strategy 2020*. Il gruppo di lavoro ha prodotto *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0* redatte nell'aprile 2013: cfr. H. KAGERMANN, W. WAHLSTER, J. HELBIG, *Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group*, Forschungsunion, Acatech, 2013. Per una breve analisi della letteratura cfr. Y. LIAO, F. DESCHAMPS, E. DE FREITAS ROCHA LOURES, L.F.P. RAMOS, *Past, present and future of Industry 4.0 – a systematic literature review and research agenda proposal*, in *International Journal of Production Research*, 2017, vol. 55, n. 12, 3609-3629; M. HERMANN, T. PENTEK, B. OTTO, *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*, Technische Universität Dortmund Working Paper, 2015, n. 1; per un inquadramento della complessità del tema si veda L. BERLTRMETTI, N. GUARNACCI, N. INTINI, *La fabbrica connessa. La manifattura italiana (attra)verso Industria 4.0*, Guerini e Associati, 2017 e, con un approccio più tecnico, B. Denkena, T. Morke (a cura di), *Cyber-Physical and Gentelligent Systems in Manufacturing and Life Cycle: Genetics and Intelligence – Keys to Industry 4.0*, Elsevier, 2017. Molti report di società di consulenza hanno affrontato il tema: cfr., ad esempio, M. BLANCHET, T. RINN, G. VON THADEN, G. DE THIEULLOY, *Industry 4.0. The new industrial revolution. How Europe will succeed*, Roland Berger Strategy Consultants, 2014; W. MACDOUGALL, *Industrie 4.0. Smart Manufacturing for the Future*, Germany Trade & Invest, 2014; R. GEISSBAUER, S. SCHRAUF, V. KOCH, S. KUGE, *Industry 4.0 – Opportunities and Challenges of the Industrial Internet*, PwC, 2014; AA.VV., *Industry 4.0. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*, Boston Consulting Group, 2015. Dal punto di vista comunitario il tema è affrontato nel briefing del Parlamento europeo di R. DAVIES, *Industry 4.0. Digitalisation for productivity and growth*, PE 568.337, del settembre 2015 e nel più ampio report richiesto dallo European Parliament's Committee on Industry, Research and Energy (ITRE), J. SMIT, S. KREUTZER, C. MOELLER, M. CARLBERG, *Industry 4.0. Study for the ITRE Committee*, PE 570.007, European Union, 2016. In Italia tra i contributi di un certo spessore si possono ricordare il progetto *Fabbrica 4.0* di

nuova “grande trasformazione” di stampo polanyiano ⁽⁴⁾, che, a partire dall’inizio del nuovo millennio, ma in particolar modo negli ultimi dieci anni, sta caratterizzando le economie industriali, non solo occidentali ⁽⁵⁾. Pare inoltre riduttivo considerare il tema, quando affrontato in chiave di politica economica, unicamente all’interno dei dibattiti sull’evoluzione dei sistemi industriali nazionali, se si considerano sia gli effetti della globalizzazione ⁽⁶⁾ e dell’ulteriore riduzione delle distanze internazionali, resa possibile dalle nuove infrastrutture digitali, sia la nuova centralità che sembrano acquisire i territori anche all’interno della dimensione nazionale in virtù della concentrazione di tecnologia ⁽⁷⁾. Alla luce di tutto questo emerge come

Confindustria e l’*Indagine Industria 4.0* promossa da Federmeccanica (cfr. L. BELTRAMETTI, L. PERSICO (a cura di), *I risultati dell’Indagine Industria 4.0*, Federmeccanica, 2016). Si veda anche il *Position Paper* su *Industria 4.0* realizzato dall’Area Industria e innovazione e dal Centro Studi di Assolombarda Confindustria Milano Monza e Brianza. Mentre sul fronte sindacale si veda AA.VV., *#SindacatoFuturo in Industry 4.0*, Fim-Cisl, ADAPT University Press, 2015. Si permetta di richiamare, sugli aspetti lavoristici di *Industry 4.0*, F. SEGHEZZI, *Persona e lavoro nella quarta rivoluzione industriale*, ADAPT University Press, 2017 e F. SEGHEZZI, *L’impatto della Manifattura 4.0 sulle relazioni industriali*, in CENTRO STUDI DI ASSOLOMBARDA CONFINDUSTRIA MILANO MONZA E BRIANZA, AREA INDUSTRIA E INNOVAZIONE (a cura di), *La strada verso la Manifattura 4.0. Progetto di ricerca “Focus Group Manifattura 4.0”*, Ricerca, 2016, n. 9, 63-68.

⁽⁴⁾ Il riferimento è a K. POLANYI, *La grande trasformazione*, Einaudi, 1974, in cui l’autore descrive la trasformazione avutasi con la nascita del liberalismo moderno attraverso la riconcettualizzazione della terra, della moneta e del lavoro all’interno di mercati specifici.

⁽⁵⁾ L’attenzione nei confronti della digitalizzazione dei processi produttivi infatti, oltre ad essere particolarmente accesa negli Stati Uniti, in Germania e in altri Paesi europei come Francia, Inghilterra, Belgio e anche Italia con il piano *Industria 4.0*, è viva anche in Cina, Paese che ha negli ultimi anni investito ingenti risorse nel progetto *Made in China 2025* che ha come scopo proprio lo sviluppo delle tecnologie di *Industry 4.0*. Per una panoramica delle diverse strategie nazionali si veda il documento elaborato dalla X COMMISSIONE PERMANENTE, *Indagine conoscitiva su «Industria 4.0»: quale modello applicare al tessuto industriale italiano. Strumenti per favorire la digitalizzazione delle filiere industriali nazionali*, 30 giugno 2016, 38-64 oltre che E. Prodi, F. Seghezzi, M. Tiraboschi (a cura di), *Il piano Industria 4.0 un anno dopo. Analisi e prospettive*, ADAPT University Press, 2017, 315-340.

⁽⁶⁾ Si pensi alle conseguenze dell’universalizzazione delle preferenze individuali e delle mode già analizzata da T. LEVITT, *Globalization of Markets*, in *Harvard Business Review*, 1983, May-June.

⁽⁷⁾ Cfr. E. MORETTI, *La nuova geografia del lavoro*, Mondadori, 2013. Allo stesso modo all’interno delle economie nazionali si possono creare diversi sistemi di

centrale non solo, più in generale, la dimensione socio-economica del paradigma, ma anche quella specifica degli impatti sul lavoro e in particolare sulle competenze, intese sia come domanda di competenze tecniche sia come nuove modalità di esecuzione della prestazione lavorativa. Nel corso del presente contributo si svilupperà dapprima un inquadramento del fenomeno di Industria 4.0 dal punto di vista tecnologico (§ 1) al fine di identificarne i principali elementi di discontinuità tecnica rispetto ai modelli precedenti, si proseguirà poi mostrando come tale punto di vista non possa essere considerato l'unico elemento caratterizzante del nuovo paradigma, ampliando così il suo inquadramento ad elementi di natura socio-economica (§ 2). Una volta chiarite le regioni dell'utilizzo del lavoro come punto di vista dal quale analizzare il nuovo paradigma ci si focalizzerà più nel dettaglio sulla letteratura che analizza il rapporto tra lavoro e tecnologia dal punto di vista quantitativo e qualitativo al fine di individuare se possa o meno essere giustificata una analisi del lavoro e delle competenze nel paradigma di Industria 4.0 o se si sia invece di fronte ad uno scenario di "fine del lavoro" (§ 3). Alla luce di questo ci si concentrerà su alcuni elementi qualitativi (§ 4), soprattutto in relazione al rapporto tra uomo e macchina per inquadrarli poi all'interno del modello teorico della *subjectifying action* (§ 5). Infine, nell'ultima sezione del contributo (§ 6) si prenderanno in considerazione i risultati di un campione di imprese del settore meccanico intervistate in merito alle dimensioni di competenze e organizzazione del lavoro in Industria 4.0 al fine di una prima verifica del se e come gli elementi teorici sviluppati nelle sezioni precedenti abbiano una concreta realizzazione nella realtà delle imprese. In questo modo sarà anche, indirettamente, possibile valutare l'effettivo livello di diffusione del paradigma sulla base delle conseguenze riscontrabili negli ambiti delle competenze e dell'organizzazione del lavoro.

1. Industria 4.0 come fenomeno tecnologico: una definizione

Il limite di visione sopra evidenziato parrebbe giustificato dal fatto che, fin dall'Hannover Messe del 2011, in cui fu coniato il termine *Industrie*

coordinamento come emerge, nel caso italiano, in R.M. LOCKE, *Remaking the Italian Economy*, Cornell University Press, 1997.

4.0, tale concetto è andato ad indicare, quantomeno nel periodo immediatamente successivo, una evoluzione tecnologica dei sistemi produttivi industriali, sia in termini di processi che di prodotti. E a ben vedere, sia nell'accezione tedesca che in quella statunitense di *industrial internet* ⁽⁸⁾, è proprio un aspetto tecnologico quello che rileva quasi unicamente, riassumibile nell'utilizzo della rete internet per connettere tra loro gli spazi fisici dei sistemi produttivi. Ma, oltre a questa considerazione di carattere generale, è tutt'oggi difficile individuare una definizione specifica ⁽⁹⁾ e tale difficoltà si può far risalire principalmente a due cause tra loro strettamente connesse: la prima è di ordine cronologico e riguarda la novità del fenomeno, la seconda è l'assenza di indagini empiriche sulle effettive applicazioni dei modelli teorici ⁽¹⁰⁾. Il nesso causale emerge chiaramente: senza un

⁽⁸⁾ Per prima è stata General Electric ad introdurre questo termine in P.C. EVANS, M. ANNUNZIATA, *Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines*, General Electric, 2012. Oltre alle due espressioni richiamate sono molte le modalità in cui, non senza creare difficoltà definitorie e di riferimento a sistemi concreti, si indicano tali trasformazioni in ambito industriale, tra le tante *smart factory*, *smart production*, *smart manufacturing*, *future factory*, fabbrica intelligente e altre ancora.

⁽⁹⁾ Sul fronte istituzionale la cancelliera tedesca Angela Merkel ha definito *Industrie 4.0* come «la trasformazione completa di tutta la sfera della produzione industriale attraverso la fusione della tecnologia digitale e di Internet con l'industria convenzionale» (discorso del Cancelliere federale Angela Merkel all'OECD, 19 febbraio 2014), mentre le linee-guida pubblicate da Forschungsunion e Acatech nel 2013 ne parlano come del risultato dell'«introduzione dell'*Internet of Things and Services* all'interno dell'ambiente manifatturiero» (H. KAGERMANN, W. WAHLSTER, J. HELBIG, *op. cit.*, 5). Dal punto di vista europeo, lo European Parliamentary Research Service definisce *Industry 4.0* come «un termine applicato ad un gruppo di trasformazioni rapide nella progettazione, costruzione, esercizio e manutenzione dei sistemi di produzione e dei prodotti» (R. DAVIES, *op. cit.*, 12). Per Roland Berger Strategy Consultants il concetto di «*Industry 4.0* enfatizza l'idea di una consistente digitalizzazione e connessione di tutte le unità produttive in una economia» (M. BLANCHET, T. RINN, G. VON THADEN, G. DE THIEULLOY, *op. cit.*, 8), mentre per Germany Trade & Invest *Industrie 4.0* è «la fusione del virtuale e il mondo fisico attraverso i sistemi informatico-fisici» (W. MACDOUGALL, *op. cit.*, 14). McKinsey & Company definisce il fenomeno sostenendo che si tratta della «prossima fase nella digitalizzazione del settore manifatturiero, guidata da quattro *disruptions*: l'aumento del volume dei dati disponibili; la capacità di analizzarli; nuove forme di interazione uomo-macchina; capacità di trasferire informazioni digitali al mondo fisico» (C. BAUR, D. WEE, *Manufacturing's next act*, in www.mckinsey.com, June 2015).

⁽¹⁰⁾ Sono presenti in letteratura alcuni contributi, specialmente in lingua tedesca, di natura principalmente scientifico-tecnologica. Cfr. B. VOGEL-HEUSER, T.

tempo adeguato per effettuare studi ed analisi, osservando la complessità della industria digitale, nelle sue connotazioni e accezioni diverse, non si è in grado di produrre studi scientificamente rilevanti, quanto meno dal punto di vista quantitativo del materiale da prendere in analisi ⁽¹¹⁾. In questa constatazione si presenta un primo limite, ossia che la definizione di un fenomeno ancora in corso, o meglio in fase embrionale, è per natura incompleta. Il secondo limite è che la velocità con la quale il progresso tecnologico si muove oggi rende quasi impossibile pensare di procedere parallelamente con l'analisi scientifica. A questi si deve aggiungere la enorme potenza mediatica del fenomeno in questione, alimentatasi in poco tempo e che contribuisce a costruire aspettative rivoluzionarie. Ci si trova nell'inedita e paradossale situazione di dover definire e discorrere di un fenomeno ancora non pienamente manifestatosi, affrontando quindi l'analisi di una rivoluzione industriale solo in piccola parte già in atto. Sia essa una vera e propria rivoluzione o una evoluzione particolarmente significativa, il concetto di "4.0", che può far riferimento al termine "industria" o "fabbrica" o "manifattura" o "produzione", è un richiamo ad una quarta fase storica all'interno della linea del tempo dell'industria.

Una definizione completa deve racchiudere, seguendo la logica classica, le caratteristiche che portano a definire l'essenza dell'oggetto. Essendo la *Industry 4.0* una evoluzione nel campo della produzione industriale, il primo compito è quello di identificare le innovazioni tecnologiche che segnano la discontinuità con il passato ed è proprio in quest'opera che si sono cimentati i primi tentativi di definizione sviluppati in ambito accademico ⁽¹²⁾.

BAUERNHANSL, M. TEN HOMPEL (a cura di), *Handbuch Industrie 4.0 Bd. 1. Produktion. 2. Auflage*, Springer, 2017, U. SENDLER (a cura di), *Industrie 4.0. Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM*, Springer, 2013; T. BAUERNHANSL, M. TEN HOMPEL, B. VOGEL-HEUSER (a cura di), *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration*, Springer, 2014.

⁽¹¹⁾ In questo senso una lettura della struttura delle rivoluzioni industriali, che prende in considerazione le prime tre rivoluzioni, è stata proposta da Y. KAMITAKE, *The Formal Structure of Industrial Revolutions*, in *Hitotsubashi Journal of Social Studies*, 2008, vol. 40, n. 1, 17-58.

⁽¹²⁾ Ad esempio M. HERMANN, T. PENTEK, B. OTTO, *op. cit.*, 12, sulla base di una analisi della letteratura e individuando le tecnologie fondamentali giungono ad una

Sembra quindi che la strada migliore per giungere ad una definizione originale sia quella di individuare le tecnologie abilitanti e trovare un *trait d'union* tra di esse. Come già si può intuire, più l'innovazione è complessa più è difficile individuare precisamente quale sia il fattore specifico (scoperta, invenzione, implementazione) che ha originato una nuova fase, e quindi assegnare una data precisa. Per quanto riguarda la manifattura digitale il problema è ancora più multiforme di quanto accaduto con la rivoluzione informatica della seconda metà del Novecento. Sono infatti numerose e diverse le tecnologie introdotte negli ultimi anni nella produzione manifatturiera e che sono al momento sperimentate e sviluppate. Individuarle è il primo passo per poter avvicinarsi ad una definizione del fenomeno che stiamo analizzando e per verificare se si tratta di un nuovo paradigma, la quarta rivoluzione industriale.

Seguendo le raccomandazioni al Governo tedesche elaborate da Forschungsunion e Acatech del 2013 ⁽¹³⁾ viene indicata come tecnologia centrale quella dei CPS. Questi vengono definiti «integrazione tra computazione e processi fisici. Computer incorporati e reti che monitorano e controllano processi fisici» ⁽¹⁴⁾. In concreto tali

ampia definizione, al momento la più completa: «*Industrie 4.0* è un termine collettivo per indicare tecnologie e concetti dell'organizzazione della *value chain*. All'interno della *smart factory* strutturata a moduli, i *Cyber Physical Systems* (CPS) monitorano i processi fisici, creano una copia virtuale del mondo fisico e producono decisioni decentralizzate. Grazie all'*Internet of Things* (IoT), i CPS comunicano e cooperano tra di loro e con gli esseri umani in tempo reale. Attraverso l'*Internet of Services* (IoS), sono offerti e organizzati da tutti i partecipanti della catena del valore servizi sia interni che tra diverse organizzazioni». Mentre H.-C. PFOHL, B. YAHSI, T. KURNAZ, *The Impact of Industry 4.0 on the Supply Chain*, in W. KERSTEN, T. BLECKER, C.M. RINGLE (a cura di), *Innovations and Strategies for Logistics and Supply Chains. Technologies, Business Models and Risk Management*, Epubli, 2015, 34, definiscono la manifattura digitale, come «la somma di tutte le innovazioni *disruptive* che ne derivano e sono implementate in una catena di valore per raggiungere gli obiettivi di digitalizzazione, autonomizzazione, trasparenza, mobilità, modularizzazione, collaborazione di rete e socializzazione dei prodotti e dei processi».

⁽¹³⁾ H. KAGERMANN, W. WAHLSTER, J. HELBIG, *op. cit.*

⁽¹⁴⁾ Cfr. E.A. LEE, *Cyber Physical Systems: Design Challenges*, 11th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), 5-7 May 2008, 12. Una definizione simile è fornita da E. GEISBERGER, M. BROY (a cura di), *Living in a networked world. Integrated research*

sistemi si realizzano attraverso macchinari, infrastrutture e strumenti tra loro connessi, in modo da poter interagire tra loro non unicamente mediante azioni fisico-meccaniche, ma grazie a sensori, attraverso la rete. Alla base del sistema dei CPS troviamo l'introduzione dell'*Internet of Things* (IoT). Secondo Forschungsunion e Acatech, l'*Industry 4.0* infatti è «il risultato della introduzione di Internet delle cose e dei servizi nell'ambiente di produzione». Per IoT si intendono «cose e oggetti come RFID, sensori, attuatori, telefoni cellulari che, attraverso schemi di indirizzo unici, interagiscono l'uno con l'altro e cooperano con i loro *component smart* vicini per raggiungere obiettivi comuni»⁽¹⁵⁾. L'ambiente cyber-fisico è quindi reso possibile dalla

agenda Cyber-Physical Systems, Acatech Study, 2015, 4: «I CPS sono il prodotto dello sviluppo e dell'utilizzo integrato di due campi dell'innovazione: sistemi che contengono software e reti globali di dati come internet e sistemi applicativi distribuiti e interattivi. Questi vengono utilizzati tramite una infrastruttura potente che è composta da sensori, attuatori e reti di comunicazione che vengono impiegati dalle aziende che operano e collaborano a livello globale». Cfr. anche lo studio preliminare che Acatech ha prodotto nell'ambito del programma *High-Tech Strategy*: ACATECH (a cura di), *Cyber-Physical Systems. Driving force for innovation in mobility, health, energy and production*, Acatech Position Paper, 2011.

⁽¹⁵⁾ L. ATZORI, A. IERA, G. MORABITO, *The Internet of Things: A Survey*, in *Computer Networks*, 2010, vol. 54, n. 15, 2787. Il termine è stato coniato da K. Ashton per indicare l'utilizzo della rete internet per connettere tra loro oggetti nel mondo fisico. Cfr. anche il *White Paper* di D. EVANS, *The Internet of Things. How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything*, Cisco IBSG, 2011. Per una introduzione al tema S. GREENGARD, *The Internet of Things*, MIT Press, 2015. Tra gli ultimi report si veda AA.VV., *The Internet of Things*, MIT Technology Review Business Report, 2014; P. DAUGHERTY, P. BANERJEE, W. NEGM, A.E. ALTER, *Driving unconventional growth through the Industrial Internet of Things*, Accenture, 2014. Tecnicamente l'innovazione maggiore che consente l'utilizzo dell'IoT all'interno della produzione manifatturiera è l'introduzione dell'«Internet Protocol Version 6 (IPv6) [that] replaces the previous version 4 of the protocol. IPv6 uses 128-bit IP addresses instead of the 32-bit addresses that were previously in use, increasing the number of addresses available from 4.3 billion to 340 sextillion» (H. KAGERMANN, W. WAHLSTER, J. HELBIG, *op. cit.*, 17). All'IoT si affianca poi l'*Internet of Services*, definita come la possibilità per i «venditori di servizi di venderli attraverso internet» e composta dai «partecipanti, da una infrastruttura per i servizi, dai modelli di business e i servizi stessi. Questi sono offerti e combinati attraverso servizi dal valore aggiunto da vari offerenti; vengono comunicati agli utenti così come ai consumatori che vi accedono tramite diversi canali» (P. BUXMANN, T. HESS, R. RUGGABER, *Internet of Services*, in *Business & Information Systems Engineering*, 2009, vol. 1, n. 5, 341).

connessione tra oggetti, ciascuno con un suo indirizzo IP, in comunicazione tra loro. Questo consente ad esempio ad una catena produttiva di avere ogni suo componente non connesso unicamente attraverso componenti fisiche (nastri, braccia meccaniche ecc.), garantendo una sincronizzazione costante e una ottimizzazione della produzione grazie ad una continua analisi dei dati (i c.d. *big data*)⁽¹⁶⁾ elaborati dai singoli componenti digitalizzati. Sembra quindi possibile affermare con certezza, e sostenuti dalla letteratura disponibile⁽¹⁷⁾, che l'insieme di IoT e CPS sia l'innovazione tecnologica che caratterizza sia cronologicamente l'inizio della manifattura digitale che teoricamente la sua ragion d'essere. Essendo entrambe tecnologie molto recenti, spesso presenti sia in forma di prototipo che di sperimentazione, il dibattito su cosa siano veramente IoT e CPS e cosa invece sia ancora legato ad una fase precedente del processo di digitalizzazione è ancora aperto e non è questo il luogo di affrontarlo. Per la nostra definizione bastano al momento le caratterizzazioni generali di cui sopra. Un secondo elemento, sul quale la letteratura tedesca si concentra meno, è relativo allo sviluppo dell'intelligenza artificiale, in particolare nella forma di macchine in grado di innescare processi di apprendimento automatico (*machine learning*) e quindi di ottimizzare in modo costante i processi produttivi e di portare a sistema i cambiamenti che intercorrono. Fondamento e abilitatore poi di tali dinamiche sono la produzione di dati (*big data*) e «la pratica di combinare enormi volumi di informazioni provenienti da diverse fonti e di analizzarle, usando sofisticati algoritmi per informare le decisioni»⁽¹⁸⁾. Mediante i CPS e i loro sensori vengono prodotti miliardi di dati

⁽¹⁶⁾ Per una introduzione al tema cfr. D. CHONG, H. SUI, *Big data analytics: a literature review*, in *Journal of Management Analytics*, 2015, vol. 2, n. 3, 175-201; N. ELGENDY, A. ELRAGAL, *Big Data Analytics: A Literature Review Paper*, in P. PERNER (a cura di), *Advances in Data Mining. Applications and Theoretical Aspects. 14th Industrial Conference, ICDM 2014. St. Petersburg, Russia, July 16-20, 2014. Proceedings*, 2014, 214-227.

⁽¹⁷⁾ Cfr. M. BRETTEL, M. KLEIN, N. FRIEDERICHSEN, *The Relevance of Manufacturing Flexibility in the Context of Industrie 4.0*, in *Procedia CIRP*, 2016, vol. 41, 105-110; F. ALMADA-LOBO, *The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES)*, in *Journal of Innovation Management*, 2015, vol. 3, n. 4, 16-21; T. BAUERNHANSL, M. TEN HOMPEL, B. VOGEL-HEUSER (a cura di), *op. cit.*

⁽¹⁸⁾ Cfr. EUROPEAN DATA PROTECTION SUPERVISOR, *Opinion 7/2015. Meeting the challenges of big data. A call for transparency, user control, data protection by design and accountability*, 19 November 2015. Per un inquadramento generale e una

all'interno delle diverse fasi dei processi ai fini del monitoraggio dell'andamento della produzione. A partire da queste tecnologie si possono comprendere poi molti dei concetti e delle sotto-tecnologie che oggi vengono spesso connesse nel dibattito pubblico al tema della manifattura 4.0. Si fa riferimento alla robotica avanzata, ai *wearable systems*, alla realtà aumentata, all'*addictive manufacturing*, agli *smart materials* ⁽¹⁹⁾. Allo stesso modo si comprende come l'aspetto dell'automazione, tanto centrale nel dibattito mediatico, sia sì importante, ma più come conseguenza che come causa della nuova manifattura.

Alla luce di queste considerazioni possiamo proporre quindi una definizione di *Industry 4.0*, come fenomeno tecnologico, nei termini di una modalità di produzione manifatturiera che integra digitalmente gli spazi fisici lungo tutta la *supply chain* attraverso l'utilizzo di CPS e IoT, implementando l'automazione e la digitalizzazione dei processi e dei prodotti.

2. Oltre la tecnologia, una rivoluzione sociale

Tale definizione risulta però, come anticipato, adatta unicamente se si considera il fenomeno come legato alla sola evoluzione dei processi produttivi, e corrisponde inoltre ad una versione ideale del modello ⁽²⁰⁾. Se esso fosse l'unico aspetto caratterizzante, potrebbero sorgere non pochi dubbi sull'effettiva natura rivoluzionaria di *Industry 4.0* ⁽²¹⁾.

classificazione dei *big data* si veda R. BUYYA, R.N. CALHEIROS, A. VAHID DASTJERDI (a cura di), *Big Data. Principles and Paradigms*, Morgan Kaufmann, 2016, 7ss.

⁽¹⁹⁾ Per una illustrazione di queste e di altre tecnologie abilitanti si veda, tra i tanti, X COMMISSIONE PERMANENTE, *op. cit.*, 29 ss.

⁽²⁰⁾ Recentemente è stato a tal proposito sostenuto come "l'Industria 4.0 non esista", nel senso che «non ne esiste un modello pre-determinato, non ne esiste un manuale di istruzioni, non esiste la sua realizzazione ideale. E in fondo, anche concretamente, fabbriche integralmente 4.0 e tantomeno gli ecosistemi intelligenti necessari attorno ad essa, ancora non esistono», cfr. ADAPT, FIM-CISL, *Libro Bianco su lavoro e competenze in Impresa 4.0*, 2017, 8.

⁽²¹⁾ Proprio per questa ragione si è generato un ampio dibattito, in particolar modo nei media, tra coloro che indentificano il fenomeno tecnologico di *Industry 4.0* come una rivoluzione e, al contrario, come una evoluzione dei sistemi produttivi. Sul tema si veda anche T. HINTERSEER, *Industrie 4.0: Revolution oder Evolution*, in *WISO*, 2016, n. 1, 157-171.

Prendendo però in considerazione l'impatto della rete, nella forma dell'IoT, nei sistemi produttivi, nel combinato disposto con la manifattura additiva, la nuova robotica collaborativa, i c.d. *big data* e altro ancora non solo si delinea oggi un panorama industriale ampiamente rinnovato, almeno per quanto riguarda il potenziale tecnologico disponibile, ma anche molteplici scenari nuovi sul fronte socio-economico e perfino antropologico. L'interconnessione di persone e spazi fisici attraverso la connettività mobile e l'IoT, la possibilità di condivisione continua di flussi informativi, la produzione di dati relativi ad ogni aspetto della vita generati da sensori inseriti direttamente nei prodotti e in generale il potenziale dello sviluppo tecnologico oggi stanno consegnando nelle mani delle persone responsabilità e possibilità non immaginabili fino a pochi anni fa. Ciononostante la quasi totalità della letteratura ⁽²²⁾ e degli studi disponibili, e spesso anche delle iniziative politico-istituzionali – inaugurate da tempo in Germania, Stati Uniti ⁽²³⁾, Regno Unito ⁽²⁴⁾,

⁽²²⁾ Tra i pochi contributi che tentano di cogliere l'impatto sociale del fenomeno si segnala in particolare D. BUHR, *Soziale Innovationspolitik für die Industrie 4.0*, Friedrich-Ebert-Stiftung, 2015. In Italia si veda A. MAGONE, T. MAZALI (a cura di), *Industria 4.0. Uomini e macchine nella fabbrica digitale*, Guerini e Associati, 2016, che presenta i risultati di una ricerca condotta in diverse realtà produttive. Più recentemente si veda il volume, a cura di A. CIPRIANI, A. GRAMOLATI, G. MARI, *Il lavoro 4.0. La IV Rivoluzione Industriale e le trasformazioni delle attività lavorative*, di prossima pubblicazione presso Firenze University Press, 2017 e A. SALENTO, *Digitalisation and the regulation of work: theoretical issues and normative challenges*, in *AI & Society*, 30 giugno 2017.

⁽²³⁾ Negli Stati Uniti già nel 2011 l'amministrazione Obama ha mostrato una certa sensibilità rispetto al problema della innovazione nel settore manifatturiero lanciando l'iniziativa denominata *Advanced Manufacturing Partnership*. Si tratta di un gruppo di lavoro composto sia da imprese che da università (MIT, University of Michigan, University of California Berkeley, tra le altre) e organizzato in workshop regionali, in modo da connettere maggiormente mondo imprenditoriale e mondo accademico in diversi punti del territorio nazionale. Gli obiettivi del partenariato, poi sviluppatosi fino a diventare, nel 2014, il *Revitalize American Manufacturing and Innovation Act*, sono tre: favorire l'innovazione, assicurare la *talent pipeline* e migliorare il *business climate*. Al termine *Industry 4.0* viene preferito quello di *Industrial Internet*, coniato da General Electric, impresa che per prima ha diffuso il concetto nel territorio statunitense. A tal proposito si veda P.C. EVANS, M. ANNUNZIATA, *op. cit.*

⁽²⁴⁾ Il Governo britannico ha presentato nel 2015 il documento *Strengthening UK manufacturing supply chains. An action plan for government and industry*, che individua sei priorità per accompagnare ed agevolare la transizione verso *Industry 4.0*: innovazione, competenze, accesso ai finanziamenti, costruire capability nelle

Francia ⁽²⁵⁾ e più recentemente in Italia ⁽²⁶⁾ e in Spagna ⁽²⁷⁾ –, su *Industry 4.0* pongono la loro attenzione o sulle tecnologie considerate abilitanti, o sui sistemi di coordinamento tra di esse o sull’impatto che queste potranno avere sui processi produttivi e su *value* e *supply chain* ⁽²⁸⁾.

All’origine della riduzione della portata del fenomeno al dato tecnico concorre senza dubbio il richiamo semantico contenuto nel termine “industria”, che può indurre a pensare all’essere in presenza unicamente di un nuovo stadio della produzione di beni e di trasformazione di materie prima. Ma la digitalizzazione della produzione e dei beni prodotti non solo va a impattare potenzialmente su settori che vanno ben oltre quello manifatturiero ⁽²⁹⁾, utilizzando lo

piccole e medie imprese, costruire una maggiore collaborazione tra *supply chains* e creare *supply chains* più resilienti. A questo si affianca il progetto *Innovate UK* del Department for Business, Innovation & Skills, che ha individuato 11 centri di innovazione no profit denominati *Catapults* con l’obiettivo di promuovere la ricerca mediante partnership pubblico-privato su tematiche come la manifattura digitale, le tecnologie mediche, le città del futuro e altre ancora.

⁽²⁵⁾ Il Governo francese ha avviato nel 2015 il progetto *Industrie du futur*, accompagnandolo nel 2016 con il documento programmatico *Nouvelle France Industrielle. Construire l’industrie française du futur*.

⁽²⁶⁾ Si fa riferimento al piano *Industria 4.0* presentato dal Governo italiano nel settembre 2016 a seguito anche del corposo documento finale elaborato dalla X COMMISSIONE PERMANENTE, *op. cit.* Per una analisi si veda M. TIRABOSCHI, F. SEGHEZZI, *Il Piano nazionale Industria 4.0: una lettura lavoristica*, in *Labour & Law Issues*, 2016, n. 2, I, 1-41, e ADAPT, FIM-CISL, *Libro verde Industria 4.0. Ruolo e funzione dei Competence Center*, 2016.

⁽²⁷⁾ Il Governo spagnolo, di concerto con il Ministero dell’industria, energia e turismo, ha presentato nel 2016 il piano *Industria Conectada 4.0*. Il piano si fonda su una partnership pubblico-privato alla quale partecipano importanti gruppi industriali spagnoli (Indra, Telefónica, Santander) ed è stato accompagnato da un documento programmatico dal titolo *La transformación digital de la industria española. Informe preliminar*, che analizza il tessuto economico e gli impatti possibili di *Industry 4.0* e ipotizza un glossario dei termini chiave. Cfr. AA.VV., *Las tecnologías IoT dentro de la industria conectada 4.0*, Fundación EOI, 2015.

⁽²⁸⁾ Cfr. H.-C. PFOHL, B. YAHSI, T. KURNAZ, *op. cit.*

⁽²⁹⁾ Dinamiche simili si riscontrano anche nel settore primario, con lo sviluppo delle diverse tecnologie che consentono da un lato l’agricoltura di precisione, dall’altro l’interconnettività tra consumatore e produttore anche in questo ambito. Si veda sul tema lo studio commissionato dal Parlamento europeo, EUROPEAN PARLIAMENTARY RESEARCH SERVICES, *Precision agriculture and the future of farming in Europe*, PE 581.892, European Union, 2016. Sul caso italiano si veda F. PIACENTINI, *Le Linee*

strumento della rete per connettere tra loro i prodotti, consente anzi ai produttori di sviluppare ed offrire ampie gamme di servizi connessi, aprendo a numerose aree grigie tra i settori secondario e terziario ⁽³⁰⁾.

Guida per lo sviluppo della c.d. Agricoltura di Precisione, in *Boll. ADAPT*, 2016, n. 32.

⁽³⁰⁾ L'esempio dei motori Rolls Royce utilizzati da Airbus, che usufruiscono dei vantaggi dell'IoT, è chiarificatore di questo aspetto: «la Rolls Royce ha già adottato un modello di questo tipo per i motori aeronautici: la possibilità di avere motori che comunicano in tempo reale dati relativi al loro utilizzo e all'usura dei diversi componenti rende possibile un modello di business in cui il produttore affitta i motori alla compagnia aerea e ne cura la manutenzione» (X COMMISSIONE PERMANENTE, *op. cit.*, 131). Le novità di Industry 4.0 si affacciano quindi in uno scenario economico profondamente diverso non solo da quello del periodo fordista ma anche da quello del periodo post-fordista e sembrano segnare una ulteriore discontinuità. Infatti l'introduzione di Internet of Things e Internet of Services sia nei processi

sia nei prodotti industriali non solo è consentita dall'ampio spazio che già i servizi possiedono nella produzione manifatturiera ma anche ha la facoltà di rivoluzionare l'intero ciclo produttivo. Basti pensare che attraverso la sensoristica presente nei beni commercializzati e l'utilizzo dell'IoT le imprese produttrici possono monitorare, ottimizzare e aggiornare in continuazione quanto già venduto, oltre a offrire tutta una serie di servizi personalizzati resi erogabili proprio in virtù dell'analisi dei big data generati in modo costante dai prodotti. La centralità del ruolo del consumatore e la possibilità di offrire servizi nuovi potrebbe far sì che il concetto stesso di servizio non sia unicamente quello di uno strumento funzionale alla gestione della produzione, alla sua organizzazione e distribuzione o alla sua implementazione, ma uno dei veri protagonisti della produzione manifatturiera. Si creerebbero così logiche di rete tra fornitori di servizi ed imprese, sia attraverso il potenziamento di dinamiche di esternalizzazione inclusiva, che di reinternalizzazione di attività prima secondarie. Per questo motivo la traduzione stessa del termine *Industry* con l'italiano "industria" rischia oggi di essere fuorviante, in quanto riconduce etimologicamente il concetto ad una realtà che non è quella nella quale si incarna la Quarta rivoluzione industriale. Più corretta apparirebbe la traduzione con il più generico termine settore, per indicare che la potenzialità del 4.0 è oggi abilitante ogni diverso settore dell'economia, o ancor meglio con il termine *impresa*, a significare il luogo della produzione o dello scambio di beni e servizi, in cui l'elemento coordinativo nativo è voluto ed appare come una evoluzione, in virtù delle nuove dinamiche economiche, di quanto la definizione del Codice civile ex articolo 2082 interpretava in chiave disgiuntiva. Non più quindi la condizione preliminare di scelta tra settore dei servizi e quello dell'industria ma una impresa in sé, che attinge da entrambi i vecchi settori per produrre, in virtù della tecnologia e dei nuovi processi, beni che sono tali in quanto portano con loro servizi, e viceversa. Per un inquadramento teorico del tema cfr. K. DE BACKER, I. DESNOYERS-JAMES, L. MOUSSIEGT, *'Manufacturing or Services – That is (not) the Question'*. *The Role of Manufacturing and Services in OECD Economies*, OECD Science, Technology and Industry Policy Paper, 2015, n. 19. Sulle conseguenze di

Infatti è difficile non inquadrare il fenomeno all'interno della più ampia trasformazione dell'economia nel suo complesso, e in particolare nella ridefinizione dei rapporti di mercato nel settore dei servizi, non riscontrando somiglianze tra quanto descritto e i nuovi modelli di *business* nell'offerta e scambio propri dell'introduzione di internet, come la c.d. *sharing/on-demand economy* ⁽³¹⁾, sia per una caratterizzazione simile su elementi chiave quali la condivisione di informazioni e la riduzione dei costi di transazione consentiti dalle nuove tecnologie, sia per un impatto complementare alle trasformazioni industriali, in termini di nuove frontiere dell'allocazione dei beni prodotti e della priorità della dimensione dell'utilizzo rispetto a quella proprietaria ⁽³²⁾. Lo stesso paradigma della *circular economy*, inteso soprattutto come prolungamento del ciclo di vita dei prodotti ai fini di una maggior sostenibilità, non sembra distante da un modello produttivo in grado di connettere tra loro prodotti e produttori e quindi potenzialmente di modificare il rapporto *aftermarket* mediante il miglioramento delle performance e l'aggiunta di nuovi servizi, e quindi di prolungare la sua durata nel tempo.

questo fenomeno per la contrattazione collettiva si veda P. Ichino, *Le conseguenze dell'innovazione tecnologica sul diritto del lavoro*, Relazione svolta al convegno promosso dall'Associazione Giuslavoristi Italiani, Torino, 15 settembre 2017, in corso di pubblicazione nella *Rivista Italiana di Diritto del Lavoro*, 2017, n. 4.

⁽³¹⁾ Cfr. tra i tanti, A. SUNDARARAJAN, *The Sharing Economy. The End of Employment and the Rise of Crowd-Based Capitalism*, MIT Press, 2016; R. BOTSMAN, R. ROGERS, *What's Mine is Yours. The Rise of Collaborative Consumption*, Harperbusiness, 2010. Sul caso italiano si veda I. PAIS, M. MAINIERI, *Il fenomeno della sharing economy in Italia e nel mondo*, in *Equilibri*, 2015, n. 1, 11-20. Per una prospettiva lavoristica si veda E. DAGNINO, *Il lavoro nella on-demand economy: esigenze di tutela e prospettive regolatorie*, in *Labour & Law Issues*, 2015, n. 1, 86-106, e E. DAGNINO, *Uber law: prospettive giuslavoristiche sulla sharing/on-demand economy*, in *DRI*, 2016, 137-163.

⁽³²⁾ Si pensi all'impatto che il fenomeno del *car sharing* può avere sul settore *automotive*, in termini di riduzione dei volumi prodotti in virtù di una maggior efficienza nell'allocazione di quelli già esistenti, o l'impatto di un fenomeno come *Airbnb* sul mercato delle costruzioni: questo implicherebbe da un lato la necessità di forti incrementi di produttività al fine di mantenere un livello di competitività sostenibile e, dall'altro, la diversificazione e personalizzazione del prodotto. Cfr. F. SEGHEZZI, *Sharing economy e Industry 4.0: due facce della stessa medaglia che cambiano il lavoro*, in *Boll. ADAPT*, 2016, n. 9.

Si rilevano parimenti stretti legami tra il recente concetto di *smart city* (³³), fondato sulla centralità della rete e delle connessioni all'interno del tessuto urbano, e le caratteristiche di una impresa che necessita sia di forti infrastrutture fisiche che di un sistema di infrastrutture della conoscenza che possono oggi maturare solo all'interno della dimensione territoriale cittadina. Con la scoperta quindi di nuove possibili applicazioni e soprattutto con la maturata consapevolezza dell'impossibilità di concepire la nuova fabbrica come una monade assolutizzata dal contesto socio-economico confinante si possono individuare sufficienti elementi per giustificare l'utilizzo di concetti quali "grande trasformazione" o "rivoluzione".

La connettività diffusa, inoltre, incide profondamente anche sulle preferenze individuali e sull'*habitus* socio-culturale (³⁴), in modalità diverse a seconda della capacità di penetrazione delle tecnologie, e quindi in relazione alla dimensione generazionale. Si assiste quindi ad una disgregazione di mercati tradizionali, e di relative professioni, non solo per l'avvento di tecnologie in sé, ma per il loro impatto sulle abitudini di consumo e di erogazione di servizi. Questo comporta una modificazione delle esigenze di vita e di carriera e delle priorità individuali, che vengono potenzialmente rese meno omologate e predefinite in virtù di opportunità recentemente rese possibili.

(³³) In A. CARAGLIU, C. DEL BO, P. NIJKAMP, *Smart cities in Europe*, in M. BUČEK, R. CAPELLO, O. HUDEK, P. NIJKAMP (a cura di), *3rd Central European Conference in Regional Science. Conference Proceeding*, 2009, Technical University of Košice, 50, una città è definita *smart* quando «investments in human and social capital and traditional (transport) and modern (ICT) communication infrastructure fuel sustainable economic growth and a high quality of life, with a wise management of natural resources, through participatory governance». Nello stesso contributo è riportata una *literature review* essenziale sul tema (47-49). Il tema di *Industry 4.0* in relazione al concetto di *smart city* è sviluppato in M. LOM, O. PŘIBYL, M. SVÍTEK, *Industry 4.0 as a part of smart cities*, in M. KOUKOL (a cura di), *2016 Smart Cities Symposium Prague (SCSP)*, IEEE, 2016. Un focus specifico sull'impatto urbano di *Industry 4.0* in Germania si trova in ACATECH (a cura di), *Industry 4.0, Urban Development and German International Development Cooperation*, Acatech Position Paper, 2015; B. MÜLLER, P. SCHIAPPACASSE, *Advanced Manufacturing – Why the City Matters, Perspectives for International Development Cooperation*, in B. MÜLLER, O. HERZOG (a cura di), *Industry 4.0 and Urban Development. The Case of India*, Acatech Materialien, 2015, 139-167.

(³⁴) Si veda su questo il Libro Verde *Work 4.0* presentato nel giugno 2015 dal Ministero del lavoro e degli affari sociali tedesco seguito dall'omonimo Libro Bianco presentato nel novembre 2016.

A ben vedere prima ancora degli elementi di discontinuità a livello micro è l'intera geografia della produzione, e quindi del lavoro, ad essere interessata potenzialmente dal fenomeno. La logica di fondo della globalizzazione infatti era ed è resa possibile da fattori di disuguaglianza tecnologico-produttiva, oltre che socio-economica, e consentiva di concepire una *supply chain* internazionale nella quale il fornitore di componenti delocalizzava la produzione in paesi nei quali bassi tassi di produttività erano compensati da dinamiche salariali sconnesse dai fenomeni inflazionistici occidentali e non tutelate dai sistemi di relazioni industriali. Le esigenze proprie delle imprese digitalizzate, di un ecosistema reticolare di attori e condizioni (università, infrastrutture fisiche e digitali, centri di ricerca, istituzioni e altro ancora) e di maestranze altamente qualificate, anche in modelli di business e di produzione fortemente immateriali, combinate con la riduzione potenziale dei costi logistici e dell'energia dati dallo sviluppo tecnologico, fanno ipotizzare una nuova geografia industriale, e quindi una nuova geografia del lavoro. Questa sembrerebbe caratterizzata da una doppia tensione territoriale e globale: da un lato, come detto, una dimensione locale necessaria per mantenere elevati e costanti livelli di innovazione attraverso reti di conoscenza e distretti industriali digitali, dall'altro la possibilità, attraverso la rete, di una riduzione delle distanze sia dei prodotti (IoT) rispetto al produttore, inviando in maniera continuativa dati alla casa madre, sia dei mercati globali grazie alla virtualizzazione degli stessi. Questi fenomeni consentirebbero quindi *in primis* di ampliare i propri mercati di riferimento anche a quelle imprese storicamente basate su territori e con minor vocazione all'export, colpite duramente negli ultimi anni dalla crisi della domanda interna dei paesi occidentali, e in secondo luogo di ipotizzare una rete globale di servizi connessi ai prodotti venduti. Allo stesso tempo tale *mondializzazione* definirebbe nuovi modelli di collaborazione tra imprese, così come nuovi modelli di comunicazione e di relazioni tra individui, anch'essi concepiti nella dimensione reticolare, in primo luogo digitale, ma anche fisica.

Emergono quindi almeno tre diversi elementi che sembrano caratterizzare il *turbulent environment* ⁽³⁵⁾ entro il quale si è affermato il concetto di *Industry 4.0*. E nell'identificarli possiamo far riferimento a quanto già Butera notava nei primi anni Settanta relativamente alla crisi del modello taylorista, ossia: un *environment* economico, uno tecnologico, uno socio-culturale. Infatti l'individuazione di nuovi modelli culturali, relativamente alle organizzazioni, avrebbe una doppia funzione: «la prima è quella puramente descrittiva di ciò che sta avvenendo; la seconda è quella analitica e progettuale che prefigura la forma che le forze reali capaci di trasformare l'organizzazione potranno imprimerle». Al contrario, quindi, di chi ritiene che «la scoperta di nuovi paradigmi di organizzazione rappresenti la forza motrice dei cambiamenti», sarebbero i «mutamenti del sistema economico, tecnologico e sociale che richiedono all'organizzazione di adattarsi ad essi, pena l'estinzione». Pur non essendo il dettaglio delle organizzazioni l'oggetto del nostro studio il nesso causale notato da Butera si pone alla base del modello di analisi che adotteremo. L'analisi del paradigma di *Industry 4.0* come modello produttivo, modello tecnologico e anche unicamente come modello di organizzazione del lavoro o di relazioni industriali risulta incompleta e fallace se esso non è analizzato come la «relazione tra questi mutamenti e l'*environment*, ossia la forma specifica di aggiustamento dell'organizzazione alle esigenze ad essa poste dal sistema economico, dal sistema delle conoscenze scientifiche, dal sistema sociale» ⁽³⁶⁾. Nelle condizioni attuali e nell'oggetto della nostra analisi tale constatazione emerge con maggior forza considerando la riduzione delle distanze spazio-temporali tra attori e ambienti esterni. La comunicazione tra ambienti abilitata dalla connettività in tempo reale consente e favorisce contaminazioni tra sistemi, accrescendo i margini di permeabilità reciproca.

⁽³⁵⁾ F. BUTERA, *I frantumi ricomposti. Struttura e ideologia nel declino del «taylorismo» in America*, Marsilio, 1972, 19. L'autore richiama al proprio modello anche in un recente contributo proprio sul tema di *Industria 4.0* sostenendo la necessità di una progettazione comune di quelle che individua come le tre risorse del paradigma ossia tecnologie, organizzazione, lavoro. Cfr. F. BUTERA, *Industria 4.0 come progettazione partecipata di sistemi socio-tecnici in rete*, in A. CIPRIANI, A. GRAMOLATI, G. MARI (a cura di), *Le trasformazioni delle attività lavorative nella IV Rivoluzione Industriale*, Firenze University Press, in corso di pubblicazione.

⁽³⁶⁾ Ivi, 20 ss.

Sembrano esserci dunque elementi comuni e tra loro legati che esigono un approfondimento, poiché possono essere indizi della qualificazione di *Industry 4.0* quale paradigma socio-economico ⁽³⁷⁾ nuovo, che si pone, sia in termini teoretici che nelle conseguenze pratiche, sullo stesso piano del fordismo e del post-fordismo, cercando di superarli quale nuovo modello.

Una delle piste teoretiche si è aprono in tal senso è quella di verificare se vi siano nel concetto di *Industry 4.0*, largamente inteso e riformulato rispetto alla sua riduzione tecnicistica, sufficienti discontinuità tali da consentire un superamento di quei presupposti e quei teoremi socio-economici sanciti e accettati dal fordismo che la sua crisi, e quindi il post o neo-fordismo, non avrebbe saputo lasciarsi alle spalle. Se si considera il lavoro come una delle forme principali di relazione tra l'uomo e la realtà nel suo orizzonte di azione, strettamente connesso ai rapporti economici e delle relazioni sociali, seguendo il concetto polanyiano di *embeddedness* ⁽³⁸⁾, poi ripreso dalla c.d. nuova sociologia economica ⁽³⁹⁾, l'analisi degli elementi di discontinuità su questo fronte potranno essere una porta d'accesso per comprendere meglio l'intero paradigma e valutare se effettivamente è possibile un superamento del fordismo e della variante post-fordista.

Risulta così importante, dopo queste osservazioni, chiarire come la valenza scientifico-descrittiva del concetto di *Industry 4.0*, e quindi di quarta rivoluzione industriale, non sia da intendersi qui nel senso della definizione specifica del fenomeno tecnologico, né come è intesa dalle

⁽³⁷⁾ Una analisi sociologica di *Industry 4.0* sia in chiave di sociologia industriale che di impatto per i sistemi produttivi si trova nei lavori di Pfeiffer, in particolare S. PFEIFFER, *Robots, Industry 4.0 and Humans, or Why Assembly Work Is More than Routine Work*, in *Societies*, 2016, vol. 6, n. 2, 16-41; S. PFEIFFER, A. SUPHAN, *The Labouring Capacity Index: Living Labouring Capacity and Experience as Resources on the Road to Industry 4.0*, Universität Hohenheim Working Paper, 2015, n. 2.

⁽³⁸⁾ Cfr. K. POLANYI, *op. cit.*, 74.

⁽³⁹⁾ Si fa riferimento in particolare a M. GRANOVETTER, *Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness*, in *American Journal of Sociology*, 1985, vol. 91, n. 3, 481-510. Per una storia del concetto alla luce dell'interpretazione che la nuova sociologia economica ne ha dato cfr. J. BECKERT, *The Great Transformation of Embeddedness. Karl Polanyi and the New Economic Sociology*, MPIfG Discussion Paper, 2007, n. 1.

diverse strategie degli Stati nazionali, a partire da quello tedesco. O meglio, tali definizioni di *Industry 4.0* hanno il merito storico e divulgativo di aver individuato e in qualche modo codificato una fase storica di cambiamento ⁽⁴⁰⁾. Proprio alla luce di questo merito non si vuole qui intraprendere la complessa operazione di coniare un nuovo termine e un nuovo concetto per definire l'insieme delle trasformazioni che, in parte, sottendono alla fortunata formula, ma specificare che il suo utilizzo ha qui un significato diverso e ancora da definire. D'altronde solamente all'interno di un progetto specifico come è stato quello tedesco è possibile utilizzare un concetto per racchiudere il cambiamento al quale sono quotidianamente sottoposti, non solo in virtù dell'impatto delle tecnologie, i sistemi economico-produttivi. Al contrario, trattandosi di un fenomeno in essere e caratterizzato da repentini e perlopiù imprevedibili cambiamenti continui, un utilizzo scientificamente giustificato del termine *Industry 4.0* non potrà che essere per sua natura evolutivo, quasi fosse un contenitore teorico ipotizzato, giustificato unicamente se pensato per subire modificazioni della sua definizione e della sua natura stessa, data la permeabilità che lo caratterizza.

⁽⁴⁰⁾ In tal senso, in riferimento all'origine tedesca del concetto, è stato sottolineato da Pfeiffer come si sia proceduto ad individuare, mediante il sostegno di diversi enti di ricerca, specifiche tecnologie che potessero incarnare in immagini e linguaggi facilmente comunicabili la svolta rivoluzionaria espressa poi dalla formula "4.0" rimanendo «vaghi rispetto ai dettagli tecnici della grande e visionaria immagine che viene descritta». E a ben vedere tali immagini e linguaggi sono tutti di natura tecnologica ed elaborati da istituzioni avendo come vocazione originale le discipline tecnico-scientifiche. Non sarebbe mancata però nella presentazione del concetto la continua sottolineatura di una dimensione rivoluzionaria che andrebbe oltre la pura dimensione tecnologica per «risolvere alcune delle sfide che il mondo deve affrontare oggi» come l'efficienza energetica, la produzione urbana, fino al cambiamento demografico. In particolare, e questo interesserà particolarmente il nostro studio, si è parlato di una rivoluzione del mondo del lavoro mediante una nuova «organizzazione flessibile del lavoro» che consentirà di «combinare il lavoro, la vita lavorativa e il continuo sviluppo professionale». Inoltre la stessa prestazione lavorativa sarebbe «più focalizzata su attività creative dal grande valore aggiunto» in virtù di «sistemi intelligenti di assistenza» (S. PFEIFFER, *The Vision of "Industrie 4.0" in the Making – a Case of Future Told, Tamed, and Traded*, in *NanoEthics*, 2017, vol. 11, n. 1, 107-121).

3. Lavoro e tecnologia nella grande trasformazione

Se dunque *Industry 4.0* sembra avere le caratteristiche di un paradigma che si pone ben oltre una evoluzione, foss'anche epocale, di determinate tecnologie e se quello del lavoro può essere un punto di osservazione che permette di analizzarlo nei suoi effetti, non solo sui processi produttivi ma sull'intero ambiente socio-economico, è necessaria una ulteriore premessa. Negli ultimi decenni infatti, e con particolar forza negli anni più recenti, si è lentamente andata a rinforzare la teoria, non senza il supporto di molta letteratura ⁽⁴¹⁾, di una incompatibilità di fondo tra lavoro e sviluppo tecnologico ⁽⁴²⁾, ossia di un *trade-off* che colpirebbe non tutta ma una cospicua parte di occupazione, che si vedrebbe sempre più ridotta con l'evolversi della tecnologia, in particolar modo nella forma dell'automazione, della robotica avanzata ⁽⁴³⁾ e dell'intelligenza artificiale ⁽⁴⁴⁾. Una teoria che, fatte salve alcune interpretazioni radicali che preconizzano la fine del lavoro o l'automatizzazione di ampie frange del suo mercato ⁽⁴⁵⁾,

⁽⁴¹⁾ Per una rassegna ragionata degli ultimi studi si veda T. BERGER, C.B. FREY, *Structural Transformation in the OECD. Digitalisation, Deindustrialisation and the Future of Work*, OECD Social, Employment and Migration Working Paper, 2016, n. 193.

⁽⁴²⁾ Non siamo certo di fronte a una novità nel pensiero socio-economico, basti pensare a quanto Ricardo scriveva nel 1817: «That the opinion entertained by the labouring class, that the employment of machinery is frequently detrimental to their interests, is not founded on prejudice and error, but is conformable to the correct principles of political economy» (D. RICARDO, *On the Principles of Political Economy and Taxation*, John Murray, 1817, 134). Per una ricostruzione storica dei diversi *frameworks* sul rapporto tra innovazione ed occupazione si vedano in particolare F. CALVINO, M.E. VIRGILLITO, *The Innovation-Employment nexus: a critical survey of theory and empirics*, LEM Working Paper, 2016, n. 10, e J. MOKYR, C. VICKERS, N.L. ZIEBARTH, *The History of Technological Anxiety and the Future of Economic Growth: Is This Time Different?*, in *The Journal of Economic Perspectives*, 2015, vol. 29, n. 3, 31-50.

⁽⁴³⁾ Sul tema si veda in particolare M. FORD, *Rise of the Robots. Technology and the Threat of a Jobless Future*, Basic Books, 2015, e, per una analisi dal punto di vista economico, G. GRAETZ, G. MICHAELS, *Robots at Work*, CEP Discussion Paper, 2015, n. 1335.

⁽⁴⁴⁾ Si veda sul tema G. MARZANO, *Intelligenza artificiale e mercato del lavoro: il recente dibattito americano*, in *Economia e Lavoro*, 2016, 159-180.

⁽⁴⁵⁾ Facciamo riferimento in particolare alla pubblicistica che, a partire da J. RIFKIN, *La fine del lavoro*, Baldini & Castoldi, 1995, ha più volte negli anni sostenuto, senza

in parte descrive alcune dinamiche in atto ma che richiede una esplicitazione non superficiale. Si tratta infatti di un nodo di natura vitale per lo sviluppo della ricerca, poiché se vi fossero evidenze di una incompatibilità, in particolare nel breve periodo, tra nuove tecnologie e lavoro in quanto tale, il punto di osservazione dal quale si vuole analizzare *Industry 4.0* condurrebbe già in partenza all'insuccesso. È necessario quindi in questa fase non tanto analizzare se e come il lavoro verrà mutato dalle tecnologie, quanto se il lavoro stesso, inteso come attività umana che produce valore, sarà ancora necessario per la produzione di beni e servizi. Non si è di certo di fronte ad un dibattito nuovo, ma se è vero che – si pensi alle potenzialità del computer IBM Watson o alla *driverless car* ⁽⁴⁶⁾ – la tecnologia è oggi in grado di svolgere anche quelle attività che richiedono un livello cognitivo che un tempo era garanzia di necessità del lavoro umano, si pongono non pochi problemi.

Parte integrante del dibattito recente si è sviluppata intorno a previsioni future sull'impatto delle nuove tecnologie. Da un lato nel mondo accademico, con lo studio di Frey e Osborne ⁽⁴⁷⁾, che giunge a sostenere che il 47% delle professioni statunitensi è ad elevato rischio di automazione nei prossimi due decenni, dall'altro nelle organizzazioni internazionali, come il World Economic Forum ⁽⁴⁸⁾, che ha recentemente ipotizzato la perdita di 5 milioni di posti di lavoro nei prossimi quattro anni a fronte di poche centinaia di migliaia di nuovi occupati, o ancora società di consulenza come McKinsey, che hanno

presentare particolari studi, l'avvento di una forte accelerazione nei processi di sostituzione. In Italia si veda, tra gli ultimi, R. STAGLIANÒ, *Al posto tuo. Così web e robot ci stanno rubando il lavoro*, Einaudi, 2016.

⁽⁴⁶⁾ Un panorama delle nuove tecnologie che sembrerebbero rendere possibile l'automazione di un numero sempre maggiore di lavoratori: cfr. E. BRYNJOLFSSON, A. MCAFEE, *The Second Machine Age. Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, W.W. Norton & Company, 2014.

⁽⁴⁷⁾ C.B. FREY, M. OSBORNE, *The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?*, Oxford Martin Programme on Technology and Employment – Working Paper, 2013, alla base poi dei report AA.VV., *Technology at Work v2.0. The Future Is Not What It Used to Be*, Citi GPS, 2016, C.B. FREY, M. OSBORNE (a cura di), *Technology at Work. The Future of Innovation and Employment*, Citi GPS, 2015.

⁽⁴⁸⁾ Cfr. WORLD ECONOMIC FORUM, *The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*, 2016.

fatto ragionamenti analoghi ⁽⁴⁹⁾ oltre ad una vasta produzione di saggi divulgativi sul tema.

Ma è proprio a partire da tali previsioni e dalla modalità con le quali sono state elaborate che è possibile ottenere un quadro più chiaro della trasformazione in atto nel mondo del lavoro. Infatti Frey e Osborne, nel costruire la loro analisi, valutano gli effetti dell'automazione e della computerizzazione su di una serie di professioni, oltre novecento, individuate. In particolare si considerano due insiemi di tecnologie, *machine learning* e *mobile robotics*, individuate dagli autori come punti di discontinuità con il passato poiché in grado di sostituire mansioni di tipo cognitivo mediante la codificazione di algoritmi in grado di riprodurle e ottimizzarle. Il tutto al di là della opportunità economica di tale sostituzione, fattore ⁽⁵⁰⁾ che altri autori, in particolare Autor e altri, avevano preso in considerazione aggiungendo un elemento di complessità che il modello di Frey e Osborne non considerava. Lo studio si basa su un doppio binario di valutazione: interviste a ricercatori in ambito ingegneristico che hanno permesso di individuare alcune professioni relativamente alle quali vi era una sufficiente certezza della loro automatizzabilità; per le restanti 632 si è proceduto ad una stima utilizzando alcuni criteri di non-automatizzabilità risultanti dalle interviste stesse. La critica principale a tale approccio *occupation-based* si basa in parte sullo stesso presupposto teorico di Frey e Osborne, ossia un approccio *task-based* ⁽⁵¹⁾, che suddivide le mansioni, da un lato, relativamente ai processi, in routinarie e non routinarie e, dall'altro, relativamente ai contenuti, in cognitive e non cognitive ⁽⁵²⁾. Nello studio però, come sottolineato da Arntz, Gregory e Zierahn, non vengono identificati singole mansioni automatizzabili, ma

⁽⁴⁹⁾ Cfr., tra i più recenti, MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, *A Future That Works: Automation, Employment, and Productivity*, McKinsey & Company, 2017.

⁽⁵⁰⁾ Altri autori hanno mostrato come esistano altri fattori che incidono sui processi di sostituzione di lavoro, si pensi ad esempio al ruolo che le organizzazioni sindacali hanno avuto in Germania. Cfr. W. Dauth, S. Findeisen, J. Sudekum, N. Woessner, *The Rise of Robots in the German Labour Market*, Voxeu.org, 19 settembre 2017.

⁽⁵¹⁾ Il modello *task-based* è stato presentato per primo in D.H. AUTOR, F. LEVY, R.J. MURNANE, *The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration*, in *The Quarterly Journal of Economics*, 2003, vol. 118, n. 4, 1279-1333.

⁽⁵²⁾ Questa suddivisione è stata criticata, in particolare in relazione ai contesti di *Industry 4.0*, da S. PFEIFFER, A. SUPHAN, *op. cit.*

intere professioni, attraverso una estensione che viene giudicata indebita poiché all'interno di professioni con diversi compiti automatizzabili permangono in ogni modo altre mansioni che non sono sostituibili digitalmente, ragion per cui non sarebbe corretto immaginare la perdita di intere categorie professionali ⁽⁵³⁾. Infatti, l'applicazione di un approccio *task-based* ridurrebbe «fortemente la prevista componente di lavori ad alto rischio di automazione» ⁽⁵⁴⁾ e un focus sui *tasks* specifici infatti ha portato gli autori a conclusioni differenti arrivando a mostrare come utilizzando questo approccio la media dei lavoratori sostituibili dall'automazione è del 9% in 21 Paesi OECD.

Acemoglu e Restrepo ⁽⁵⁵⁾ hanno invece sviluppato successivamente un primo *framework* concettuale per comprendere le ricadute in termini occupazionali del processo di sostituzione uomo-macchina il cui elemento di novità consiste nel considerare che «compiti precedentemente svolti dai lavoratori sono automatizzati, mentre allo stesso tempo si sono create versioni più complesse di compiti esistenti nei quali il lavoro ha un vantaggio competitivo» ⁽⁵⁶⁾. Gli autori riportano esempi dalla seconda rivoluzione industriale, nella quale vi fu sì la sostituzione di lavoro con tecnologia, nel caso dei guidatori di carri a causa dell'introduzione del sistema ferroviario, ma allo stesso tempo questo portò alla nascita di nuovi impieghi, caratterizzati da un maggior livello di complessità dei compiti, come gli ingegneri o i macchinisti ⁽⁵⁷⁾. Il lavoro quindi sembra avere un vantaggio competitivo all'interno

⁽⁵³⁾ Oltre a ciò gli autori sottolineano come la possibilità di adottare tecnologie che porterebbero alla sostituzione di lavoratori non implichi allo stesso tempo l'effettiva attuazione di investimenti finalizzati a questo. Ciò per motivazioni differenti, che vanno da quelle etico-morali a quelle prettamente economiche di sostenibilità dei costi per il capitale tecnologico. Cfr. M. ARNTZ, T. GREGORY, U. ZIERAHN, *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries. A Comparative Analysis*, OECD Social, Employment and Migration Working Paper, 2016, n. 189.

⁽⁵⁴⁾ Ivi, 21.

⁽⁵⁵⁾ Cfr. D. ACEMOGLU, P. RESTREPO, *The Race Between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment*, NBER Working Paper, 2016, n. 22252.

⁽⁵⁶⁾ Ivi, 5.

⁽⁵⁷⁾ Una argomentazione simile, utilizzando il settore bancario, si ritrova anche in D.H. AUTOR, *Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of*

di questi nuovi *complex tasks*, poiché sebbene i *tasks* riallocati nel capitale comportano una diminuzione della componente lavoro, quando questi vengono allocati in nuovo lavoro, attraverso appunto la creazione di attività più complesse, si ottiene l'effetto opposto. Si giunge quindi ad un modello in cui all'aumento dell'automazione consegue sì una diminuzione di occupazione ma all'aumento di nuovi *tasks* consegue un aumento occupazionale. A sua volta l'automazione si auto-limiterebbe poiché in virtù della diminuzione dei costi del lavoro connessi a determinati *tasks* che essa comporta non potrà che «scoraggiare ulteriore automazione e generare una potente forza auto-correttrice verso la stabilità»⁽⁵⁸⁾. I dati mostrano però un quadro contrastante, con la capacità dei settori più tecnologici di generare posti di lavoro che si è andata riducendo negli ultimi anni e parallelamente la capacità degli impieghi ad alto contenuto tecnologico di generare nuovi posti di lavoro nei servizi⁽⁵⁹⁾. Al contrario il lavoro nella manifattura, complice la *premature deindustrialization*⁽⁶⁰⁾ iniziata già negli anni Cinquanta nei paesi occidentali, continua a mostrare un calo di occupati. A conferma di questo, e a conferma della complessità dello scenario, gli stessi Acemoglu e Restrepo, ad un anno di distanza dal loro studio, hanno presentato una analisi⁽⁶¹⁾ sull'impatto della robotica sull'occupazione, tra il 1990 e il 2007, dalla quale risulta come vi sia stato un impatto negativo della diffusione di robot sia sull'occupazione che sui salari, senza che esso fosse mitigato in modo sostanziale dai percorsi di istruzione, dai redditi e dai settori occupazionali. Sembra quindi che il processo in corso, visto dal punto di vista negativo, sia una accelerazione di dinamiche presenti ormai da diversi

Workplace Automation, in *Journal of Economic Perspectives*, 2015, vol. 29, n. 3, 3-30.

⁽⁵⁸⁾ *Ibidem*.

⁽⁵⁹⁾ Moretti stima che ogni posto nuovo di lavoro in un settore ad alto sviluppo tecnologico generi circa 5 posti ulteriori in settori ad esso collegati, dando vita così degli *hubs* che attirano i flussi di lavoratori (E. MORETTI, *op. cit.*).

⁽⁶⁰⁾ Cfr. D. RODRIK, *Premature deindustrialisation*, in *Journal of Economic Growth*, 2016, vol. 21, n. 1, 1-33; sullo stesso tema si veda anche R.Z. LAWRENCE, L. EDWARDS, *US Employment Deindustrialization: Insights from History and the International Experience*, Peterson Institute for International Economics Policy Brief, 2013, n. 27.

⁽⁶¹⁾ Cfr. D. ACEMOGLU, P. RESTREPO, *Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets*, NBER Working Paper, 2017, n. 23285.

decenni. Allo stesso tempo però fenomeni come la servitizzazione della manifattura rendono più complessi i sistemi produttivi tradizionali, lasciando spazio a figure professionali ibride e nuove che possono avere impatti, sebbene non ancora studiati e difficilmente studiabili oggi, sui livelli occupazionali.

Emergerebbe quindi come dal punto di vista quantitativo la tendenza sia sì quella di una riduzione del numero complessivo degli occupati nel settore manifatturiero tradizionale, ma non di una sostituzione completa dei compiti oggi affidati agli uomini; a ciò si affianca una mutazione qualitativa, con una spinta verso l'alto, dei vecchi compiti oggi rafforzati da elementi di complessità dati dalla complementarietà dell'automazione e dall'apertura di nuovi modelli di produzione e di servizi. Saremmo quindi di fronte ad una forte spinta verso la trasformazione, la sostituzione e lo scambio all'interno del mercato del lavoro. Ciò sembra sposarsi con quanto sostiene Autor quando scrive che «un compito che non può essere sostituito dall'automazione può generalmente essere completato da essa»⁽⁶²⁾, ossia che la complessità generata dall'introduzione di nuova automazione richiede l'introduzione di nuove figure professionali adatte a governarla. Recentemente proprio Autor e Salomons, inoltre, hanno mostrato come, tale effetto di trasformazione e sostituzione abbia un legame con le dinamiche della produttività. Infatti ad un aumento di produttività all'interno del settore manifatturiero derivante dall'introduzione di nuova tecnologia corrisponde una diminuzione del numero di lavoratori, ma allo stesso tempo gli autori hanno riscontrato come si verifichi una crescita occupazionale in altri settori, derivante proprio da questo aumento di produttività⁽⁶³⁾. L'incertezza che caratterizza il momento storico attuale non sembrerebbe quindi data dal timore che la tecnologia possa cancellare il lavoro, ma dalle dinamiche di sostituzione sia tra capitale e lavoro sia tra lavoro e lavoro. La tecnologia infatti esercita effetti sostitutivi sia sul capitale che sul lavoro, attraverso l'automazione di mansioni così come attraverso strumenti che ottimizzano l'accesso a capitale non utilizzato,

⁽⁶²⁾ Cfr. D.H. AUTOR, *op. cit.*, 3.

⁽⁶³⁾ Cfr. D. H. Autor, A. Salomons, *Robocalypse Now – Does Productivity Growth Threaten Employment?*, paper presentato in occasione del Forum on Central Banking della BCE, giugno 2017.

migliorando la sua allocazione attraverso nuovi strumenti per l'incontro tra domanda e offerta (si pensi alla *sharing economy*). Le tecnologie consentono anche la creazione di nuove mansioni, l'innesto di alcune su altre, la sostituzione di occupazione all'interno di processi sempre più intersettoriali in logiche di rete in virtù della servitizzazione. Questi e diversi altri fattori sembrano far sì che oggi sia complesso avanzare ogni tipologia di previsione in quanto essa richiederebbe di considerare come fissi alcuni fattori che in un'epoca di trasformazioni trasversali e di interrelazione costante tra sistemi complessi e *multi-stakeholders* non offrono più la stabilità necessaria. Tali interrogativi, che restano al momento insolubili, aprono una domanda che necessita di essere affrontata per giustificare la nostra indagine. Se è vero che il lavoro in quanto tale non sembra destinato ad estinguersi, quali saranno i lavori che meglio si sposano con la trasformazione tecnologica in atto? O meglio, per inquadrarla relativamente al tema in questione, che tipo di lavori l'evoluzione tecnologica di *Industry 4.0* riassegnerà all'automazione e quali all'opera umana?

Possiamo individuare due chiavi di lettura complementari per rispondere a questo quesito. In primo luogo evidenze mostrano uno *skill-biased technological change* ⁽⁶⁴⁾, ossia una tendenza a favorire, sia in termini occupazionali che in termini salariali, i lavoratori che hanno maggiori competenze legate alle tecnologie che governano i processi produttivi. A questo dato però si affianca la crescente polarizzazione dei mercati del lavoro ⁽⁶⁵⁾, che a partire dagli anni Novanta vedono un calo delle occupazioni di livello intermedio a vantaggio tanto di quelle basse quanto di quelle caratterizzate da alte competenze e redditi

⁽⁶⁴⁾ Cfr. D. ACEMOGLU, D.H. AUTOR, *Skills, tasks and technologies: implications for employment and earnings*, in O. ASHENFELTER, D. CARD (a cura di), *Handbook of Labor Economics. Volume 4B*, Elsevier, 2011, 1043-1171; AA.VV., *Return of the Solow Paradox? IT, Productivity, and Employment in U.S. Manufacturing*, NBER Working Paper, 2014, n. 19837.

⁽⁶⁵⁾ Su tutti si veda M. GOOS, A. MANNING, A. SALOMONS, *Job Polarization in Europe*, in *The American Economic Review*, 2009, vol. 99, n. 2, 58-63. M. GOOS, A. MANNING, A. SALOMONS, *Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring*, in *The American Economic Review*, 2014, vol. 104, n. 8, 2509-2526; D.H. AUTOR, L.F. KATZ, M.S. KEARNEY, *The Polarization of the U.S. Labor Market*, in *American Economic Review*, 2006, vol. 96, n. 2, 189-194. Sul caso italiano si veda F. Sgobbi, *La polarizzazione del lavoro nell'era digitale: un'analisi empirica del caso italiano*, presentato al convegno *Impresa, lavoro e non lavoro nell'economia digitale*, Brescia, 12-13 ottobre 2017.

corrispondenti. Si è spiegato questo fenomeno utilizzando il citato modello *task-based* che distingue i diversi compiti assegnati ai lavoratori in mansioni cognitive e non-cognitive e, tra di esse, quelle routinarie e non routinarie. La digitalizzazione, attraverso la diffusione dei computer, andrebbe a sostituire «lavoratori nello svolgere compiti routinari che possono essere prontamente descritti con regole programmate, svolgendo invece una funzione complementare nell'eseguire compiti non routinari che richiedono flessibilità, creatività, capacità di *problem-solving* generale e comunicazioni complesse»⁽⁶⁶⁾. L'aumento dei lavori che richiedono elevate competenze, e quindi un salario corrispondente, sarebbe la spiegazione per l'aumento anche dei lavoratori di fascia bassa, la cui domanda aumenterà parallelamente all'aumento della domanda di servizi (soprattutto servizi alla persona), spesso non automatizzabili.

Alla luce di queste considerazioni pare che, sgombrato per quanto possibile il campo dal rischio di una scomparsa del lavoro in quanto tale, emerga la necessità di prendere in considerazione le evoluzioni qualitative per individuare la tipologia di lavoro verso la quale dovremo rivolgerci.

4. La complementarità rafforzata nel nuovo rapporto uomo-macchina

Sul fronte qualitativo, tra i vari aspetti ai quali si potrebbe guardare⁽⁶⁷⁾, è particolarmente interessante e indicativo quella relazione tra l'uomo e la macchina. Si tratta di un tema che da sempre ha accompagnato gli studi socio-economici sul lavoro e che, a partire dal tredicesimo capitolo del *Capitale* di Marx, è stato indagato in tutte le sue possibili implicazioni, di tipo psicologico, sociologico, economico, politico, antropologico e filosofico. Industria 4.0, e in generale il tema della digitalizzazione del lavoro, lo ha riposto al centro del dibattito contemporaneo, molto acceso soprattutto nel mondo anglosassone, e non suona nuovo se confrontato con la storia del pensiero economico e, si veda il movimento luddista, con la storia dell'industria occidentale. È

⁽⁶⁶⁾ D.H. AUTOR, F. LEVY, R.J. MURNANE, *op. cit.*, 1322.

⁽⁶⁷⁾ Si permetta di rimandare, per una trattazione più estesa, a F. Seghezzi, *Persona e lavoro nella quarta rivoluzione industriale*, ADAPT University Press, 2017, 167 ss.

stato mostrato ⁽⁶⁸⁾ come si possa riscontrare, nella prima metà del Novecento, una correlazione positiva, di natura complementare, tra tecnologia e lavoro nella manifattura sia in termini di salari che di produttività ⁽⁶⁹⁾, così come (si veda *supra*, § 4) esistono *frameworks* di riferimento ⁽⁷⁰⁾ che mostrano una possibile complementarità anche nella *second machine age*. Al contrario però, non pochi esempi sembrano oggi suggerire che l'effetto sostituzione delle macchine rispetto al lavoro umano stia vivendo una forte accelerazione ⁽⁷¹⁾, in particolar modo grazie alla possibilità di sostituire, mediante elaborati algoritmi, quelle azioni di tipo cognitivo comunemente ritenute non automatizzabili.

Focalizzando l'attenzione sulla produzione manifatturiera, sulla quale si innesta in particolar modo il paradigma di *Industry 4.0*, sembra quindi urgente inquadrare il tema per comprendere cosa l'innovazione tecnologica possa oggi significare per l'attività lavorativa dell'uomo. In particolare, possiamo fare riferimento alle attività più manuali, che apparentemente sarebbero più facilmente sostituibili in quanto non "pensanti", e quindi teoricamente limitate dalle caratteristiche intrinseche dell'essere umano quali la stanchezza, la distrazione, la volontà di non eseguire ecc. La certezza e la continuità che possono essere garantite dalle impostazioni di un algoritmo sembrerebbero quindi essere superiori a quelle di un essere umano e, in effetti, lo sono. La capacità computazionale degli algoritmi odierni, congiuntamente allo sviluppo dell'intelligenza artificiale che, mediante tecniche di *machine learning*, è in grado di acquisire nuove conoscenze e pratiche in modo automatico e costante, sembra far ipotizzare che nei prossimi decenni anche elementi quali l'imprevisto e in generale l'imprevedibilità degli ambienti produttivi possano essere gestiti dalle macchine. Volendo però focalizzare l'attenzione su quanto oggi la

⁽⁶⁸⁾ Cfr. C. GOLDIN, L.F. KATZ, *The Origins of Technology-Skill Complementarity*, in *The Quarterly Journal of Economics*, 1998, vol. 113, n. 3, 693-732.

⁽⁶⁹⁾ Si veda ad esempio D.E. NYE, *America's Assembly Line*, MIT Press, 2013, in cui si sviluppa una analisi lungo un secolo dell'evoluzione della catena di montaggio negli USA mostrandone i benefici per i diversi attori.

⁽⁷⁰⁾ Cfr. D. ACEMOGLU, P. RESTREPO, *The Race Between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment*, NBER Working Paper, 2016, n. 22252.

⁽⁷¹⁾ Si veda, tra gli ultimi, D. ACEMOGLU, P. RESTREPO, *Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets*, NBER Working Paper, 2017, n. 23285.

tecnologia è in grado di realizzare e che presumibilmente potrà attuare all'interno del paradigma di *Industry 4.0* è possibile sostenere, seguendo Autor, che il paradosso di Polanyi sia ancora valido. Egli sostiene che «conosciamo più di quanto siamo in grado di esprimere»⁽⁷²⁾, ossia che molte delle azioni che oggi compiamo non possano essere sostituite interamente dall'automazione, poiché è troppo complesso definirne e astrarne i meccanismi, ma possono essere aiutate in alcuni aspetti, in una logica di complementarietà. Autor adduce l'esempio del settore delle costruzioni, nel quale nel corso degli anni l'apporto di macchinari come ruspe, scavatori, attrezzi automatici ecc. ha consentito un incremento della produttività rendendo però ancora necessaria e fondamentale l'attività dell'uomo⁽⁷³⁾. Una constatazione

⁽⁷²⁾ Cfr. M. POLANYI, *The Tacit Dimension*, University of Chicago Press, 1966, 32.

⁽⁷³⁾ «I refer to this constraint as Polanyi's paradox, following Michael Polanyi's (1966) observation that, "We know more than we can tell." [...] Following Polanyi's observation, the tasks that have proved most vexing to automate are those demanding flexibility, judgment, and common sense-skills that we understand only tacitly. [...] At an economic level, Polanyi's paradox means something more. The fact that a task cannot be computerized does not imply that computerization has no effect on that task. On the contrary: tasks that cannot be substituted by computerization are generally complemented by it. This point is as fundamental as it is overlooked. Most work processes draw upon a multifaceted set of inputs: labor and capital; brains and brawn; creativity and rote repetition; technical mastery and intuitive judgment; perspiration and inspiration; adherence to rules and judicious application of discretion. Typically, these inputs each play essential roles; that is, improvements in one do not obviate the need for the other. If so, productivity improvements in one set of tasks almost necessarily increase the economic value of the remaining tasks. Concretely, consider the role played by mechanization in construction. By historical standards, contemporary construction workers are akin to cyborgs. Augmented by cranes, excavators, arc welders, and pneumatic nail guns, the quantity of physical work that a skilled construction worker can accomplish in an eight-hour workday is staggering. Naturally, automation has heavily substituted for human labor in performing construction tasks and, consequently, many fewer construction workers are required today to accomplish a given construction task than fifty years ago. But construction workers have not been devalued by this substitution. Despite the array of capital equipment available, a construction site without construction workers produces nothing. Construction workers supply tasks such as control, guidance and judgment that have no current machine substitutes and which therefore become more valuable as machinery augments their reach. A worker wielding a single shovel can do a fairly limited amount of good or harm in an eight-hour day» (D.H. AUTOR, *Polanyi's Paradox and the Shape of Employment Growth*, NBER Working Paper, 2014, n. 20485, 6-8).

di questo genere acquista in *Industry 4.0* un valore ancor più importante rispetto ai settori produttivi non specializzati. Infatti più la tecnologia è in grado di consentire lo sviluppo di processi produttivi complessi e automatizzati più l'imprevisto che può generarsi nel corso di tali processi è difficile da valutare preventivamente ed è necessaria la presenza, come si vedrà nel prossimo paragrafo, di conoscenze di tipo esperienziale e soggettive. Uno degli esempi apparentemente più banali, restando nel campo delle attività manuali, riguarda la destrezza fisica, la cui automazione ad oggi è in parte irrealizzabile e, per quanto possibile, richiede investimenti e costi non vantaggiosi per le imprese⁽⁷⁴⁾. Si potrebbe anche sostenere come l'eventuale sostituzione di lavori manuali, in particolar modo di quelli pesanti, possa significare un miglioramento generale delle condizioni di lavoro. Il rischio di questa tesi è nell'auto-contraddittorietà che porterebbe il tentativo del miglioramento delle condizioni alla negazione delle condizioni necessaria ad esse, ossia il lavoro stesso. Su questo fronte sono proprio alcune delle tecnologie abilitanti *Industry 4.0* a agire come strumenti complementari⁽⁷⁵⁾ in grado di combinare le caratteristiche proprie e tacite della manualità umana con le possibilità offerte oggi dalla scienza: si pensi ad esempio all'*augmented reality*, che fa sì che grazie a supporti digitali, il lavoratore sia in grado di ottenere un maggior numero di informazioni in tempo reale utili a compiere la propria azione⁽⁷⁶⁾, o all'utilizzo di esoscheletri che facilitano compiti gravosi e

⁽⁷⁴⁾ Cfr. D.H. AUTOR, D. DORN, *The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market*, in *American Economic Review*, 2013, vol. 103, n. 5, 1559, in cui il riferimento è relativo ai servizi, in particolare i servizi alla persona, ma potrebbe essere esteso anche al settore manifatturiero.

⁽⁷⁵⁾ Si veda, tra tutti, C. WITTENBERG, *Human-CPS Interaction – requirements and human-machine interaction methods for the Industry 4.0*, in *IFAC-PapersOnLine*, 2016, vol. 49, n. 19, 420-425.

⁽⁷⁶⁾ Si pensi al caso di Airbus il cui obiettivo principale era quello di gestire la complessità dei processi di costruzione di un aeroplano, che implicano decine di migliaia di passaggi e quindi costi elevatissimi in caso di errori. L'impresa ha quindi sviluppato degli *smart tools* programmati per conoscere tutti gli step necessari alla produzione; questi elaborano *live* i dati che ricevono e valutano la corretta esecuzione dell'operazione prima di passare alla successiva. Si capisce la portata dell'innovazione sapendo che nella costruzione di un aereo sono oltre 40mila i punti in cui si devono effettuare azioni di serraggio, utilizzando circa 1.100 diversi strumenti. L'utilizzo di strumenti interconnessi, attraverso sensori e IoT, consente di

che implicano particolari sforzi fisici. Più precisamente è possibile identificare diverse modalità in cui la tecnologia, nella forma concreta della moderna robotica collaborativa, può fungere da strumento complementare al lavoro umano ⁽⁷⁷⁾: in primo luogo la cooperazione fisica ⁽⁷⁸⁾, ossia lo «scambio diretto di energia tra operatori umani e agenti robotici» ⁽⁷⁹⁾; poi la cooperazione funzionale, in cui «l'organizzazione dello spazio produttivo prevede una concorrenza di attività tra operatore umano e robotico» ⁽⁸⁰⁾, sia di tipo seriale, mediante l'alternanza tra gli attori, sia di tipo parallelo; in ultimo la cooperazione di tipo cognitivo, «laddove l'organizzazione dei processi condivisi prevede un certo grado di interpretazione del contesto» ⁽⁸¹⁾. Emergerebbe quindi come, anche all'interno di scenari in cui le tecnologie acquisiscono una crescente importanza nei processi produttivi, questo non comporti la fine della necessità dell'apporto del

evitare errori senza dover sostituire il lavoro umano con robot o automazione ma semplicemente monitorandolo e correggendolo.

⁽⁷⁷⁾ Facciamo qui riferimento a quanto descritto in AREA INDUSTRIA E INNOVAZIONE DI ASSOLOMBARDA CONFINDUSTRIA MILANO MONZA E BRIANZA (a cura di), *Approfondimento sulle tecnologie abilitanti Industria 4.0*, Ricerca, 2016, n. 8. Tra la letteratura più recente, si veda S. NIKOLAIDIS, P. LASOTA, R. RAMAKRISHNAN, J. SHAH, *Improved human-robot team performance through cross-training, an approach inspired by human team training practices*, in *The International Journal of Robotics Research*, 2015, vol. 34, n. 14, 1711-1730.

⁽⁷⁸⁾ Si fa riferimento alla c.d. *physical human-robot interaction* (PHRI): per una introduzione aggiornata si veda S. HADDADIN, E. CROFT, *Physical Human-Robot Interaction*, in B. SICILIANO, O. KHATIB (a cura di), *Springer Handbook of Robotics*, Springer, 2016, 1835-1874.

⁽⁷⁹⁾ AREA INDUSTRIA E INNOVAZIONE DI ASSOLOMBARDA CONFINDUSTRIA MILANO MONZA E BRIANZA (a cura di), *op. cit.*, 11. «Esempi di tale modalità comprendono la programmazione intuitiva (*lead-through programming*) in cui un manipolatore viene addestrato accompagnando il movimento, fisicamente guidando il manipolatore lungo traiettorie, da ripetere in autonomia successivamente; la manipolazione concorrente di stesse parti (*material handling*) per grossi carichi o posizionamenti particolari; la possibilità di limitare/fermare il moto o l'esecuzione di task automatici ostacolando direttamente il manipolatore per motivi intenzionali o per interventi di emergenza».

⁽⁸⁰⁾ «Esempi includono casi specifici di assemblaggio, in cui il robot co-manipola parti di dimensioni ampie o predispone guide/ausili al montaggio. Nel caso di processi paralleli, l'organizzazione dello spazio di lavoro condiviso (*workspace sharing*) si avvale invece di tecnologie di ripianificazione del moto (*collision avoidance*, riduzione velocità, riallocazione target) e della task (*rescheduling* adattativo) in modo da garantire la presenza sicura dell'operatore nello spazio condiviso» (*ibidem*).

⁽⁸¹⁾ Ivi, 12.

lavoro umano, confermando la teoria di Autor ⁽⁸²⁾ secondo cui, in ultimo, la polarizzazione tra lavoro manuale e lavoro intellettuale si ridurrebbe, a vantaggio delle competenze elevate, all'aumentare della complessità introdotta dalla tecnologia.

Alcuni studi hanno poi avanzato ipotesi di applicazione concreta di modelli di complementarietà tra le tecnologie che identificano il paradigma di *Industry 4.0*. In particolare è stato sviluppato il concetto di *Operatore 4.0* ⁽⁸³⁾, intendendo per esso

as a smart and skilled operator who performs not only – “cooperative work” with robots – but also – “work aided” by machines as and if needed – by means of human cyber-physical systems, advanced human-machine interaction technologies and adaptive automation towards “human-automation symbiosis work systems”.

L'obiettivo sarebbe quello di

to create trusting and interaction-based relationships between humans and machines, making possible for those smart factories to capitalize not only on smart machines' strengths and capabilities, but also empower their “smart operators” with new skills and gadgets to fully capitalize on the opportunities being created by Industry 4.0 technologies.

Questo potrebbe avvenire attraverso diversi sistemi, in particolare mediante una particolare declinazione dei CPS in chiave di *human cyber-physical production system* (H-CPPS) intesi come «un sistema di lavoro che migliora le abilità degli operatori mediante una interazione dinamica tra uomini e macchine in mondi fisici e virtuali per mezzo di interfacce “intelligenti” uomo-macchina» ⁽⁸⁴⁾. Ciò si concretizza in diverse figure ibride ipotizzabili, si pensi, a titolo di esempio

⁽⁸²⁾ Cfr. D.H. AUTOR, *Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation*, in *Journal of Economic Perspectives*, 2015, vol. 29, n. 3, 3-30.

⁽⁸³⁾ Si veda AA.VV., *Towards an Operator 4.0 Typology: A Human-Centric Perspective on the Fourth Industrial Revolution Technologies*, in AA.VV., *46th International Conference on Computers & Industrial Engineering 2016 (CIE46)*. Tianjin, China. 29-31 October 2016, 2016, vol. 1, 608-618.

⁽⁸⁴⁾ Ivi, 2 ss. del dattiloscritto.

all'*augmented operator* che utilizza la tecnologia della realtà aumentata per arricchire l'ambiente di lavoro con dati, suoni, immagini, grafici che possono contribuire ad una migliore esecuzione della prestazione sia in termini di esperienza della stessa sia di produttività.

5. Esperienza di lavoro e *subjectifying action*

Utile per inquadrare meglio gli elementi qualitativi fin qui evidenziati, e sviluppare un discorso più elaborato sul lavoro in *Industry 4.0*, è rifarsi alla teoria sociologica, elaborata in particolare da Böhle⁽⁸⁵⁾, della *subjectifying action*. Il concetto si sviluppa parallelamente all'evoluzione tecnologica nei processi produttivi e in antitesi all'approccio, dominante nel fordismo, che vedeva l'azione lavorativa come *objectifying*, ossia considerata unicamente nella sua dimensione pianificata e razionale in senso stretto. Questa visione è considerata limitante per le potenzialità della persona del lavoratore in quanto essa, si sostiene seguendo Marx, sarebbe l'unica che nell'atto lavorativo realizza ciò che già era presente nella sua mente all'inizio del lavoro. Potenzialità che sarebbe alienata nella fabbrica fordista, in cui il lavoratore aveva il compito di sottostare alle azioni precedentemente pianificate dai propri superiori lungo tutta la catena gerarchica, perché le componenti soggettive del lavoratore erano considerate ostacoli e limiti ai sistemi organizzativi. Per Böhle, nella versione più matura della sua teoria⁽⁸⁶⁾, sono quattro gli elementi che distinguono il modello oggettivo da quello soggettivo e in parte riprendono alcuni degli aspetti individuati in precedenza come caratterizzanti la visione taylorista:

1) il *modus operandi* che si concentra sulla pianificazione precedente dell'azione che verrà eseguita;

⁽⁸⁵⁾ Faremo riferimento in particolare a F. BÖHLE, '*Subjectifying Action*' as a *Specific Mode of Working with Customers*, in W. DUNKEL, F. KLEEMANN (a cura di), *Customers At Work. New Perspectives on Interactive Service Work*, Palgrave Macmillan, 2013, 149-174. Ma si considerino anche F. BÖHLE, B. MILKAU, *Computerised manufacturing and empirical knowledge*, in *AI & Society*, 1988, vol. 2, n. 3, 235-243, e F. BÖHLE, *Relevance of experience-based work in modern processes*, *ivi*, 1994, vol. 8, n. 3, 207-215.

⁽⁸⁶⁾ Cfr. F. BÖHLE, '*Subjectifying Action*' as a *Specific Mode of Working with Customers*, *cit.*, 151.

- 2) il fatto che la tipologia di conoscenza necessaria per queste pianificazioni preliminari è di tipo scientifico e metodologico ed è considerata indipendente dall'esperienza pratica;
- 3) la separazione delle percezioni sensoriali dalle sensazioni soggettive, che devono lasciare spazio alla ricezione e interpretazione diretta degli stimoli dell'ambiente;
- 4) la dimensione relazionale con le problematiche e con la realtà circostante, che deve essere «distanziata e non emozionale»⁽⁸⁷⁾.

Il modello della *subjectifying action* si fonda sull'assunto, sostenuto da osservazioni empiriche⁽⁸⁸⁾, che da un lato lo sviluppo tecnologico rafforzerebbe la domanda di lavoratori addetti a compiti di tipo intellettuale, ma, dall'altro, questo non significherebbe che le uniche competenze richieste saranno quelle di tipo cognitivo-specialistico: al contrario infatti la dimensione esperienziale sarebbe essenziale all'interno di scenari caratterizzati dalla complessità e dall'imprevedibilità con cui i fattori in gioco si combinano. E sarebbe proprio la tendenza al costante e repentino cambiamento degli ambienti produttivi moderni ad aver messo in crisi l'efficacia certa della pianificazione delle azioni e dei compiti dei lavoratori⁽⁸⁹⁾, e il tentativo di risolvere queste problematiche introducendo nuove forme di pianificazione non si sarebbe rivelato efficace per la mancanza di quelle informazioni necessarie alla gestione di ogni situazione critica. A tal fine Böhle introduce l'importanza di una «modalità d'azione "differente" più adatta alle caratteristiche specifiche di situazioni critiche»⁽⁹⁰⁾ e di quelle competenze e attitudini che sarebbero

⁽⁸⁷⁾ *Ibidem*.

⁽⁸⁸⁾ L'autore fa riferimento a L. PRIES, R. SCHMIDT, R. TRINCZEK, *Entwicklungspfade von Industriearbeit. Chancen und Risiken betrieblicher Produktionsmodernisierung*, Westdeutscher, 1990, e a AA.VV., *Der Wandel der Produktionsarbeit im Zugriff neuer Produktionskonzepte*, in N. BECKENBACH, W. VAN TREECK (a cura di), *Umbrüche gesellschaftlicher Arbeit*, Otto Schwartz & Co., 1994, 11-43.

⁽⁸⁹⁾ F. BÖHLE, 'Subjectifying Action' as a Specific Mode of Working with Customers, cit., 152: «The dream of total reliability and control has begun to fade, and the commonly touted contrast between the reliability of automatic systems and the risk of human error has lost its persuasive force. The unpredictability of technical processes turns out not to be the exception but rather the rule, and human intervention becomes necessary for coping with it. The underlying causes range from qualitative differences in production materials to wear and tear in production facilities to functional disruptions in technical monitoring and control systems».

⁽⁹⁰⁾ *Ivi*, 153.

indefinibili in termini tecnico-professionali e che si concretizzerebbero nella capacità di prendere decisioni rapide, risolvere problemi a partire dalle proprie intuizioni o presentire malfunzionamenti dei macchinari. La *subjectifying action* sarebbe quindi caratterizzata dalla centralità degli aspetti soggettivi quali i sentimenti e le sensazioni, e non dalla pianificazione, dal calcolo e dallo studio scientifico dell'azione, elementi che non verrebbero scartati o resi meno centrali ma che avrebbero un ruolo complementare ⁽⁹¹⁾. L'azione viene quindi concepita ed analizzata non nei singoli elementi che la compongono, ma «nella modalità in cui questi elementi si influenzano reciprocamente in modo interattivo» ⁽⁹²⁾, e all'interno di un processo dialogico e relazionale, quasi osmotico, con l'ambiente. Quando un ingegnere di produzione si trova di fronte a problematiche complesse che intercorrono inaspettatamente, non si limita unicamente, secondo tale teoria, ad applicare le regole da lui conosciute teoricamente, che spesso si rivelano insufficienti, ma cerca di cogliere con l'intuito proprio della sua esperienza le ragioni dei malfunzionamenti, in un processo per intuizioni e tentativi che necessita di una risposta della macchina per verificare l'effettivo buon fine dell'operazione ⁽⁹³⁾. Questo rapporto dialogico con la realtà dell'ambiente di lavoro farebbe sì che vi si innesti una dinamicità propria di un flusso continuo domanda-risposta e

⁽⁹¹⁾ Alla base di questo concetto vi sono diversi studi e approcci teoretici. In particolare il concetto di azione situazionale e orientata al contesto, mutuato da L.A. SUCHMAN, *Plans and situated actions. The problem of human-machine communication*, Cambridge University Press, 1987, quello di conoscenza implicita in M. POLANYI, *op. cit.*, e gli studi di fenomenologia della percezione e del rapporto tra corpo e realtà di M. MERLEAU-PONTY, *Fenomenologia della percezione*, Bompiani, 2003.

⁽⁹²⁾ F. BÖHLE, '*Subjectifying Action*' as a Specific Mode of Working with Customers, *cit.*, 156.

⁽⁹³⁾ Così Böhle descrive questo "dialogo": «The typical statement for engineers dealing with the unpredictable elements of complex technical facilities is that "when trying to tweak the system, you have to wait for the plant's response." Before the intervention is actually made, it is never possible to precisely estimate its effects. This kind of approach can be described as "feeling one's way through." In these kinds of situations, in which unforeseen irregularities arise, it is not possible to develop appropriate and effective responses through mental analysis alone. One must, rather, find out through practical action what works and what doesn't by starting a "dialog" with the relevant objects of the environment and waiting for them to answer» (ivi, 157).

uomo-macchina, che ben si sposerebbe con realtà complesse e imprevedibili per le quali procedure standard che richiedono di essere verificate *step-by-step* non risulterebbero efficaci. Ciò sarebbe possibile considerando come complementari la percezione sensoriale e il processo mentale di elaborazione della stessa, in una idea di razionalità più ampia di quella concepita dai metodi scientifici tradizionali, che lasciano poco spazio alle dinamiche psicologiche della mente umana che esegue insieme l'operazione sensoriale e la sua elaborazione razionale. In questo modo la mente, stimolata dall'azione, procederebbe per *visual thinking* attraverso immagini ed analogie così che «situazioni diverse sono visualizzate mentalmente, comparate al fine di interpretare nuove situazioni che sfuggono alla comprensione dell'attore»⁽⁹⁴⁾, non in modo casuale ma generando associazioni di idee che possono determinare nuove azioni non pianificate e non pianificabili.

Questo concetto sembra risultare particolarmente utile per analizzare il ruolo richiesto al lavoratore all'interno di *Industry 4.0*. La possibile relazione è stata approfondita in parte da Pfeiffer e Suphan⁽⁹⁵⁾ che individuano un legame tra alcune caratteristiche proprie del nuovo paradigma, in particolare compiti richiesti di *project management* e *R&D engineering*, e il ruolo della conoscenza per esperienza:

In all fields that have been explored from the “subjectifying work action” perspective, subjectifying tasks and knowledge are seen to be especially significant in complex, unstructured work environments. Experience is thus a kind of core competence in dealing with unpredictability. Precisely those high-skill tasks that are thought of as paradigmatic for the information society are inherently resistant to comprehensive planning. Because decisions still have to be made and action still has to be taken even in the absence of complete (or even sufficient) information, the ability to act on the basis of intuition, “feeling”, free association and holistic sense perception become all the more necessary. As work processes become increasingly information-

⁽⁹⁴⁾ Ivi, 158-159.

⁽⁹⁵⁾ Cfr. S. PFEIFFER, A. SUPHAN, *The Labouring Capacity Index: Living Labouring Capacity and Experience as Resources on the Road to Industry 4.0*, Universität Hohenheim Working Paper, 2015, n. 2; S. PFEIFFER, *Robots, Industry 4.0 and Humans, or Why Assembly Work Is More than Routine Work*, in *Societies*, 2016, vol. 6, n. 2, 16-41.

based in complex work environments, the qualitative side of living labour becomes increasingly important. Complexity must be coped with and abstractions must be continually reconnected to the core work task, regardless of whether these tasks involve the manipulation of raw materials, customer demand, patient needs or the mastering of complex interconnections. Thus, precisely in those situations in which abstract and knowledge-based tasks play a big roll, sensuous experience is more important than ever, despite the fact that it may not play a prominent role in any specific core work task anymore. Indeed, we expect that as digitalization progresses, workers increasingly will be called upon to overcome complexity and unpredictability with aplomb and generally to do the right thing in unplannable situations. This is not a phenomenon of highly-skilled labour only. Subjectifying work action is also relevant in highly automated and information-intensive production and in construction work. The importance of non-routine action is tied in these areas not only to the ability to react appropriately to disruptions and change but also in preventing disruption through anticipatory intervention ⁽⁹⁶⁾.

Emergerebbe quindi come quello di *Industry 4.0* sia un esempio evoluto di quegli ambienti complessi nei quali i processi decisionali non possono essere svolti con gli strumenti dell'azione oggettiva e pianificata ma che richiedono un ruolo centrale dell'esperienza. Tuttavia vi sono almeno altri due elementi che sembrano confermare la centralità di questa componente del lavoro umano. In primo luogo la necessità di un contatto costante tra impresa e mondo esterno, sia nella relazione con il consumatore sia in quella, in tempo reale, con tutta la *supply chain*. Questo non potrà che inserire nuovi elementi di complessità, propri della relazione con soggetti esterni non programmati e quindi propensi a generare situazioni imprevedibili, tali da richiedere una prontezza di azione propria di colui che ha esperienza nel campo e sia in grado di muoversi utilizzando le componenti soggettive dell'azione. La seconda componente riguarda la piena digitalizzazione dei processi produttivi, attraverso i sistemi CPS interconnessi. Questo farebbe sì che le azioni ordinarie e pianificate non risultino più necessarie in quanto sostituite da quelle, meno suscettibili di errori e limiti fisici, dei processi automatizzati. Il ruolo del lavoratore quindi sarebbe quello di colui che ha l'onere di agire

⁽⁹⁶⁾ S. PFEIFFER, A. SUPHAN, *op. cit.*, 15.

unificando le proprie competenze tecniche specializzate, fondamentali per poter interagire con il sistema digitalizzato, e quelle soggettive proprie di una esperienza non direttamente nell'impresa in cui si trova ad agire, ma con la realtà di sistemi produttivi simili. Si supererebbe così una delle possibili criticità dell'approccio esposto, ossia il rischio di generare una riduzione della mobilità sociale e inter o intra-settoriale a causa della centralità dell'esperienza maturata; al contrario tale capacità soggettiva si maturerebbe nello stratificarsi di esperienze diverse e si adatterebbe poi mediante il contributo complementare delle competenze tecniche richieste da ogni ambiente particolare, più facilmente trasferibili mediante la formazione ordinaria.

Tale visione dell'azione lavorativa nel contesto di *Industry 4.0* sembra quindi segnare una vera discontinuità rispetto al paradigma ford-taylorista nel quale il lavoratore era considerato in virtù della forza fisica che poteva mettere a servizio, mediante il rapporto contrattuale, nei tempi stabiliti ⁽⁹⁷⁾. Sistemi produttivi complessi, confini settoriali mutati e mutevoli e integrazione orizzontale, se da un lato potranno generare riduzioni degli organici complessivi e in particolare relativamente ad alcuni compiti automatizzabili, sembrano richiedere una diversa considerazione delle potenzialità del lavoratore, considerato nell'interesse del valore della sua azione, che comprende dimensioni oggettive e soggettive. Mancano però ad oggi evidenze empiriche sull'effettiva applicabilità di tale approccio in un contesto di totale digitalizzazione, ragion per cui è possibile configurarlo unicamente nella sfera della probabilità, mediante l'ampliamento dei risultati ottenuti in passato con l'introduzione dei primi elementi di complessità e automazione negli anni Ottanta. Allo stesso tempo però, la probabile progressiva riduzione della forza lavoro adibita a mansioni di controllo e monitoraggio passivo e il potenziamento di figure la cui esperienza integrale risulta necessaria alle logiche dell'intera catena di produzione sembra far immaginare la riemersione del ruolo della persona del lavoratore in quanto tale, e non solo considerato quale competenza strumentale specifica, fisica o intellettuale.

⁽⁹⁷⁾ Cfr., tra i tanti, Cfr. S. DEAKIN, F. WILKINSON, *The Law of the Labour Market. Industrialization, Employment, and Legal Evolution*, Oxford University Press, 2005 e H. BRAVERMAN, *Labor and Monopoly Capital. The Degradation of Work in the Twentieth Century*, Monthly Review Press, 1988.

A fronte di tale concettualizzazione il tema delle competenze necessarie sia ai lavoratori che alle imprese sembra acquistare una connotazione particolare. Se infatti spesso il tema è affrontato dal punto di vista delle tecniche di analisi dei fabbisogni professionali delle singole aziende e, allo stesso tempo, del loro allineamento con i percorsi formativi erogati dalle istituzioni formative, è possibile ampliare questo scenario alla luce del paradigma di *Industry 4.0*. Sono infatti diversi gli elementi che sembrano suggerire la necessità di una importanza centrale non solo delle competenze tecniche proprie dei titoli di studio e di specializzazione scolastici, ma anche delle c.d. competenze trasversali⁽⁹⁸⁾. In primo luogo la complessità di ambienti di lavoro altamente automatizzati e digitalizzati che, se da un lato richiedono sì conoscenze avanzate relative ai singoli strumenti, dall'altro abilitano a processi flessibili e in continua evoluzione. Questo fa sì che competenze quali il *decision making* e l'adattabilità possano risultare più determinanti rispetto ad una buona conoscenza degli applicativi informatici. La complessità sembra implicare spesso un approccio che richiede un coinvolgimento del lavoratore che va oltre alla dimensione puramente cognitiva, ma un atteggiamento che presuppone una propensione alla scelta e all'assunzione di responsabilità in tempi brevi che rientra nell'ambito delle *soft skills*. Anche l'adattabilità al contesto e ai suoi repentini mutamenti sembra caratterizzare i requisiti di un lavoratore nello scenario di *Industry 4.0* in virtù della forte permeabilità del contesto produttivo ad integrazione orizzontale. Costanti modifiche dei cicli produttivi derivanti dalle richieste variabili dei clienti, gestite in autonomia dai sistemi informatici che le recepiscono adattando la produzione richiedono quindi capacità di gestione dell'ambiente, di cogliere gli stimoli e gli input, di prevedere le conseguenze degli adattamenti. Un secondo aspetto è relativo alla velocità dell'evoluzione tecnologica, che spesso non consente un parallelo aggiornamento dei percorsi formativi con la risultante che un'ampia componente delle competenze specifiche viene acquisita direttamente sul luogo di lavoro

⁽⁹⁸⁾ Si veda sul tema, tra i tanti, per una analisi sul caso europeo, J. ANDREWS, H. HIGSON, *Graduate Employability, 'Soft Skills' Versus 'Hard' Business Knowledge: A European Study*, in *Higher Education in Europe*, 2008, vol. 33, n. 4, 411-422. Per un approccio economico invece si veda J.J. HECKMAN, T. KAUTZ, *Hard evidence on soft skills*, in *Labor Economics*, 2012, vol. 19, n. 4, 451-464.

in modo continuativo. A tal fine risulterebbe fondamentale lo sviluppo della capacità di apprendimento continuo, sia attraverso corsi di aggiornamento che, e soprattutto, mediante l'esperienza di lavoro stessa.

L'attenzione alla centralità delle competenze trasversali non si separa dall'analisi dei fabbisogni specifici delle imprese, ma è qui intesa insieme come requisito preliminare e come strumento abilitante l'innovazione che caratterizza i processi produttivi di *Industry 4.0*. Emerge quindi parallelamente alla probabile e progressiva scomparsa di figure professionali standard la necessità di una formazione integrale della persona del lavoratore. E a fronte di questo gli elementi di criticità più importanti sono relativi alle modalità di trasferimento di tali competenze, che non prevedono una modalità di acquisizione propria delle conoscenze teoriche. In questo modo sembrano giustificarsi le strette relazioni che vi sarebbero tra metodi pedagogici quali quello dell'alternanza formativa e l'innovazione dei sistemi produttivi. Questo non solo per la riduzione del disallineamento delle competenze specifiche e per facilitare la formazione di profili professionali che abbiano una corrispondenza con la domanda delle imprese, ma anche e soprattutto per consentire ai giovani quell'esperienza di lavoro che, secondo i modelli descritti, può essere veicolo di competenze trasversali. Sono interessanti in tal senso alcune modalità formative innovative adottate soprattutto nel contesto tedesco e direttamente legate al modello di *Industry 4.0* quali i *Mixed Reality Systems* e le *Learning Factories*. In particolare i primi ⁽⁹⁹⁾, che possono comprendere le seconde, fanno riferimento a modelli di formazione che uniscono componenti più tradizionali quali l'insegnamento in aula o l'utilizzo di laboratori e il lavoro vero e proprio in situazioni reali di compito, insieme all'utilizzo di ambienti virtuali che consentono una esperienza semi-integrale anche di contesti nei quali è più complesso, per ragioni di sicurezza e di rischio, accedere durante il percorso formativo.

⁽⁹⁹⁾ Sul modello e sulle sue possibili applicazioni si veda Q. GUO, *Learning in a Mixed Reality System in the Context of 'Industrie 4.0'*, in *Journal of Technical Education*, 2015, vol. 3, n. 2, 92-115.

6. Lavoro e competenze in Industria 4.0 in Italia

Alla luce di questo sistema di pensiero che vede una profonda connessione tra modelli organizzativi, competenze e sviluppo tecnologico è possibile analizzare brevemente, e sulla base dei dati disponibili, la situazione nelle imprese italiane. Mentre infatti sul fronte della letteratura esistono ormai diversi studi seminali prodotti da autori italiani e internazionali già ricordati, più complesso è avere un quadro specifico della situazione dello scenario socio-economico impattato da Industria 4.0 in quanto non esistono al momento studi quantitativi maturi che analizzino non solo gli impatti degli incentivi economici, poiché ancora in essere ⁽¹⁰⁰⁾, ma anche il contesto nel quale questi hanno operato. L'eccezione viene da una analisi svolta nel 2016 dalla Task Force "Liberare l'ingegno" coordinata da Federmeccanica che ha prodotto, mediante la somministrazione di un questionario a numerose imprese, un primo quadro complessivo ed è a questo a cui faremo riferimento in questa sezione ⁽¹⁰¹⁾. Si tratta di una analisi su un campione di oltre 500 imprese che è stato suddiviso, grazie ad alcune domande della prima parte del questionario, in imprese *adopters* ed imprese *non adopters* a seconda che avessero adottato una o più tra le undici tecnologie individuate come abilitanti per *Industry 4.0* ⁽¹⁰²⁾. Le domande relative alle competenze e all'organizzazione del lavoro sono

⁽¹⁰⁰⁾ Il riferimento è agli incentivi previsti dal Piano Industria 4.0, recentemente rinominato Impresa 4.0, i cui primi impatti sono stati presentati congiuntamente in una conferenza stampa il 19 settembre 2017 dai Ministri dello Sviluppo Economico, dell'Economia, del Lavoro e della Pubblica Istruzione.

⁽¹⁰¹⁾ L'analisi ha prodotto il documento L. Beltrametti, L. Persico (a cura di), *I risultati dell'Indagine Industria 4.0 condotta da Federmeccanica*, Federmeccanica, 2016. Le imprese rispondenti (527) sono collocate per il 71,3% al Nord, per il 15% al Centro e per il 13,7% al Sud. Relativamente al numero di dipendenti il campione vede il 10% di imprese con meno di 10 dipendenti, il 44% tra i 10 e i 49, il 32% tra i 50 e i 249 e il 13% sopra i 250 dipendenti. Si farà riferimento alle domande 15-26 della *survey* che hanno come specifico oggetto il lavoro e le competenze. Nelle domande precedenti l'oggetto è quello degli investimenti in tecnologia, della sua adozione e delle aspettative previste, dopo una prima parte di approfondimento sul campione intervistato.

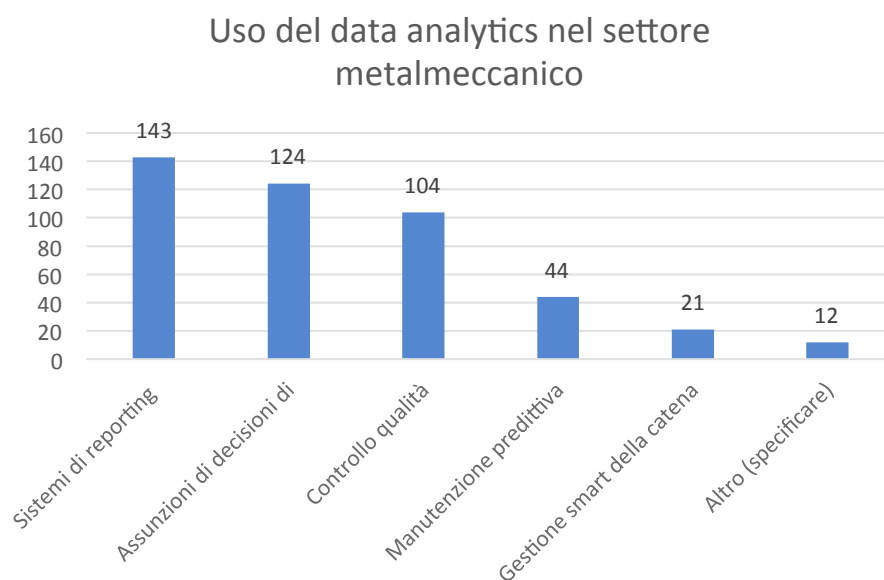
⁽¹⁰²⁾ Le tecnologie considerate sono: meccatronica; robotica; robotica collaborativa; Internet of things; big data; cloud; sicurezza informatica; stampa 3D; simulazione; nanotecnologie; materiali intelligenti. Le imprese *adopters* sono risultate il 64% di quelle intervistate.

state poste quindi unicamente alle imprese *adopters* per verificare l'impatto sugli aspetti considerati. L'indagine stessa quindi sembra fondarsi sul presupposto di un rapporto di causa-effetto tra nuova tecnologia e nuova domanda organizzativa e di competenze. E proprio alla luce di una prima analisi delle caratteristiche di competenze e organizzazione del lavoro nelle imprese intervistate sarà possibile risalire al livello di sviluppo tecnologico e verificare, pur senza certezza, la distanza o meno dalle caratteristiche principali del paradigma di Industria 4.0.

Il primo elemento da prendere in considerazione è relativo al rapporto che le imprese riconoscono tra l'implementazione di alcune tecnologie e quella che nel questionario è identificata come «valorizzazione del capitale umano e migliore integrazione delle competenze». Emerge innanzitutto che, paragonato ad altri vantaggi quali il «miglioramento della produttività» e la «offerta di nuovi servizi ai clienti» l'elemento del capitale umano e delle competenze si posiziona agli ultimi posti tra i benefici individuati. Sono soprattutto le tecnologie che più caratterizzano la produzione manifatturiera avanzata, come la mecatronica, l'utilizzo dei *big data* e la manifattura additiva a mostrare una bassissima correlazione con il capitale umano, mentre, pur rimanendo bassa, la correlazione maggiore emerge relativamente a tecnologie quali la sicurezza informatica e il *cloud computing*. Già da questi primi elementi si può intuire come soprattutto gli aspetti più operativi non vengano considerati modificati dall'impatto delle tecnologie, il che fa immaginare come il livello di adozione sia ancora ad uno stadio preliminare.

Un secondo elemento riguarda invece in modo più specifico l'impatto dell'introduzione delle tecnologie abilitanti di Industria 4.0 sulle competenze. I dati consentono di analizzare tale impatto sia relativamente alle competenze tecniche, sia relativamente a quelle trasversali. Si è detto come l'elemento dell'interconnessione e quello della gestione e analisi dei dati risultati dai processi produttivi è un elemento centrale, risulteranno così fondamentali competenze e figure specializzate in *data analytics*. Relativamente a questo il 61% delle imprese *adopters* intervistate dichiara di possederne, ma è interessante notare come queste vengano applicate ed utilizzate. Infatti tale specificazione contribuisce a chiarire quali possano essere oggi i

processi di digitalizzazione in atto. Dalle risposte emerge come l'utilizzo dell'analisi dei dati si concentri in particolare nei sistemi di reporting che consentono un monitoraggio passivo delle attività e come supporto nelle decisioni e nella riprogrammazione delle attività. Ancora poco diffuso risulta invece l'utilizzo dei *big data* per attività che caratterizzano in maniera più marcata il paradigma di Industry 4.0 come la manutenzione predittiva o la gestione *smart* della catena di montaggio. Questi dati confermano come anche a fronte della presenza di alcune tecnologie avanzate non vi sia un'automatica riconversione dei processi organizzativi, che richiedono cambiamenti di ordine diverso rispetto al mero investimento in tecnologia.

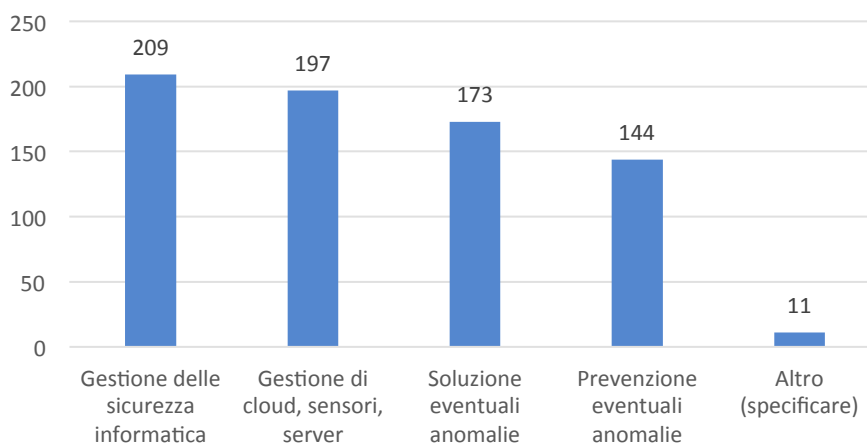


Fonte: elaborazione su indagine Federmeccanica

Un altro elemento di indagine relativo alla presenza di competenze tecniche e al loro utilizzo è quello che fa riferimento alle competenze per la gestione di infrastrutture IT. In questo caso la presenza appare ancor più marcata con una risposta positiva dell'80,4% delle imprese *adopters* intervistate. Rispetto alle modalità di utilizzo, al contrario del caso dei *big data*, si riscontra però una distribuzione più omogenea, con la prevalenza di attività di tipo gestionale (sicurezza informatica, *cloud*,

sensori e server), attività di *problem solving* e, in misura minore ma comunque presente nella maggioranza delle imprese, per la prevenzione di eventuali anomalie. Si può notare dunque come le infrastrutture informatiche siano una realtà diffusa nelle imprese intervistate sia dal punto di vista della presenza di hardware e software sia relativamente alle competenze per governarli. Anche in questo caso, e l'osservazione è suggerita dalle risposte in merito a «Prevenzione eventuali anomalie», emerge come le infrastrutture IT siano ancora poco utilizzate rispetto alle potenzialità predittive rese possibili dalla rielaborazione di dati forniti mediante *Internet of things* e analizzati tramite algoritmi.

Uso competenze di gestione infrastrutture IT



Fonte: elaborazione su indagine Federmeccanica

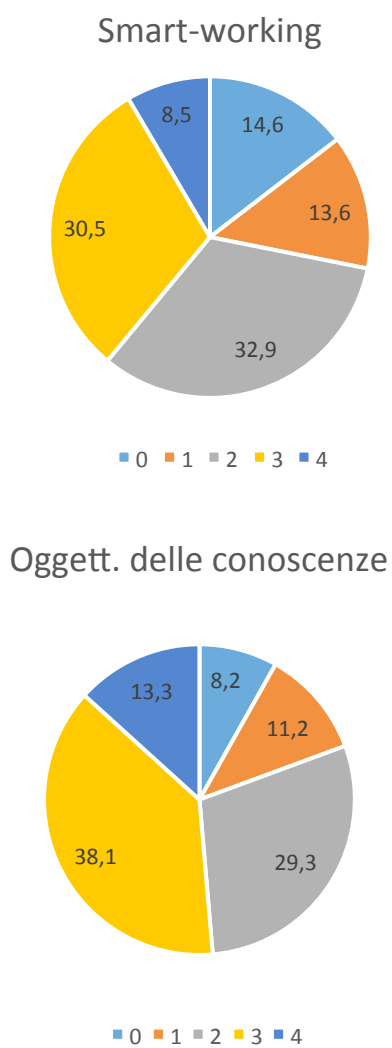
Oltre alle componenti delle competenze informatiche e a quelle di *data analytics* ulteriori risposte consentono di confermare quanto fin qui rilevato. Alla richiesta infatti della presenza di ulteriori competenze relativamente a “Gestione dei robot”, “Programmazione tramite robot”, “Produzione 3D dei prodotti”, “Simulazione linea di produzione” e “Programmazione informatica” la maggioranza di risposta positiva si è avuta per unicamente per l’ultima. Segue, pur con un 66% di risposte

negative, la gestione dei robot, contribuendo così a sostenere una interpretazione che vede la presenza di competenze connesse ad una fase della digitalizzazione e dell'automazione della produzione anteriore rispetto al paradigma di Industria 4.0. Rispetto alle competenze tecniche emerge quindi come sia essenziale l'utilizzo di termini specifici evitando di ricorrere ad espressioni generiche come "Competenze informatiche" e "Competenze di analisi dei dati" poiché il loro legame con Industria 4.0 può essere individuato unicamente con un lavoro di approfondimento che riguardi la loro modalità di applicazione a determinate tecnologie e processi produttivi.

Una ulteriore conferma della presenza nel panorama industriale di processi produttivi ancorati ad una fase di digitalizzazione precedente a quella di Industria 4.0 è possibile analizzare le risposte fornite in materia di competenze trasversali. Alle imprese intervistate è stato chiesto alle imprese intervistate di quantificare l'impatto (in una scala da 0 a 4) dell'adozione delle tecnologie su dieci diverse competenze trasversali analizzandolo relativamente agli operai, agli impiegati e ai dirigenti. Dalle risposte emerge un quadro di grande dualismo tra il gruppo degli operai da una parte e quello degli impiegati e dei dirigenti dall'altra. Infatti tra gli operai l'impatto delle tecnologie sulle competenze trasversali è valutato pari a 0 con una percentuale superiore al 28% in nove competenze trasversali su dieci, mentre è valutato 4 con una percentuale inferiore all'8%. Al contrario per quanto riguarda i dirigenti un livello di impatto 4 superiore al 28% è stato riscontrato in otto competenze su dieci, mentre per gli impiegati le risposte si collocano ad un livello intermedio. Rilevano in particolare alcune competenze riguardo alle quali l'impatto sulla categoria degli operai appare sotto la media. Ad esempio la leadership, che sembra quindi identificata come una competenza relativa a figure più dirigenziali e non all'interno di una struttura di coordinamento per gruppi con a capo operai stessi. O le competenze relative alla comunicazione, il cui basso impatto sembrerebbe mostrare l'assenza di una struttura orizzontale di integrazione tra operai sia attraverso gruppi sia attraverso una relazione più snella all'interno della catena gerarchica. A conferma di questo la categoria dei dirigenti risulta quella in cui più si concentrano gli impatti sulla leadership e sull'autonomia e responsabilità.

In ultimo è stato chiesto alle imprese *adopters* verso quale direzione, in merito all'organizzazione del lavoro, ha condotto l'applicazione delle tecnologie abilitanti di Industria 4.0. Dalle risposte emerge come una buona parte delle imprese intervistate noti che tale applicazione introduca logiche di "oggettivizzazione delle conoscenze" intese come fenomeni di diffusione e condivisione delle informazioni e della conoscenza dei processi lungo tutta la catena del valore, operai compresi. Mentre una parte minore delle imprese individua nello *smartworking* una pratica che consegue all'adozione delle tecnologie.

Figura 3: risposte in forma % alle domande, rispettivamente, sugli effetti sullo Smart-working e sull'oggettivizzazione delle conoscenze derivanti dall'implementazione di almeno una delle innovazioni tecnologiche delle 295 aziende che hanno risposto.



Fonte: elaborazione su dati Federmeccanica

7. Osservazioni conclusive

Si è detto di come una visione complessiva di Industria 4.0 comporti uno sguardo che superi i muri del paradigma tecnologico per introdursi negli impatti di natura socio-economica, e in particolare organizzativa e lavoristica, che esso comporta. Questo alla luce di una visione del fenomeno tecnologico come origine di cambiamenti di natura strutturale nelle organizzazioni e nella loro gestione dei processi, con ricadute in termini di gestione e organizzazione della forza lavoro, oltre che sulla domanda di competenze e professionalità. Alla luce di questo, e dopo aver analizzato brevemente la letteratura recente sugli impatti quantitativi della tecnologia sul lavoro, per tentare di eliminare dalle premesse la tesi secondo la quale vi sarebbe un *trade off* ontologico tra tecnologia e quantità di lavoro, si sono individuati alcuni nodi qualitativi che sembrano caratterizzare il lavoro nel nuovo paradigma. Ci si è poi concentrati, a partire da una sintetica analisi della letteratura ingegneristica e tecnologica a riguardo, su alcuni elementi qualitativi soprattutto in relazione al rapporto tra uomo e macchina all'interno di ambienti di lavoro altamente automatizzati indagando le forme di cooperazione fisica, funzionale e cognitiva introducendo il concetto di *Operator 4.0*. I cambiamenti qualitativi descritti sono stati poi inquadrati all'interno di un quadro teorico di natura socio-antropologica, quello della *subjectifying action* che ha contribuito a mostrare come il valore dell'azione lavorativa non possa ridursi alle competenze tecniche da essa espressa, ma come siano presenti elementi derivanti dalla soggettività di chi la compie come l'esperienza, l'intuito, la capacità di previsione, l'istinto di chi ha a lungo frequentato un ambiente lavorativo ecc. Si è poi utilizzato tale modello, che vede gli impatti organizzativi e sulla domande di competenze come conseguenza dell'investimento tecnologico, per analizzare i risultati di una indagine condotta tra un campione di imprese del settore meccanico operanti in Italia. Dalla analisi le risposte delle imprese a domande relative alla presenza di determinate competenze tecniche e al loro utilizzo nei processi produttivi, oltre che alle competenze trasversali e ai loro gradi di applicazione all'interno di diverse gruppi professionali è possibile trarre qualche riflessione conclusiva insieme ad alcuni spunti per ulteriori ricerche. In primo luogo emerge come la presenza, in termini generali, di competenze informatiche è una realtà

consolidata nelle imprese meccaniche, e la presenza di competenze in *data analytics* si sta sviluppando. Quando però si analizza la tipologia di applicazione di tali competenze si può notare come esse siano applicate a processi produttivi propri di una prima ondata di digitalizzazione non assimilabile alla caratterizzazione tecnologica propria del paradigma di Industria 4.0. In particolare questo è emerso nell'analisi delle risposte relative alle competenze di *data analytics* che sembrano utilizzate soprattutto per il controllo e il monitoraggio dei processi e non per una loro integrazione mediante la rete internet. Tali conclusioni non sono un giudizio di valore sullo stato d'innovazione delle imprese ma una constatazione del fatto che a determinati processi corrispondono determinati livelli e modalità di applicazione delle competenze. In secondo luogo relativamente alle competenze trasversali si può notare come l'ancora debole diffusione dei modelli di integrazione della produzione di Industria 4.0 si conferma nella presenza di queste in particolare nelle figure dirigenziali, a dimostrazione della presenza di modelli di organizzazione del lavoro gerarchici e verticalizzati. Ed è possibile supporre come alcune competenze trasversali possedute, in parte e in misura inferiore rispetto alle altre figure, dagli operai siano riconducibili a quei modelli organizzativi sviluppatasi negli anni Ottanta quali la *lean manufacturing* e, più recentemente, il *World Class Manufacturing*. Particolarmente importante risulta però la presenza di un'alta percentuale di risposte positive relativamente alle nuove logiche di organizzazione del lavoro (in particolare l'"oggettivizzazione delle conoscenze") sviluppatasi in conseguenza all'applicazione delle tecnologie abilitanti. Tali risposte mostrano la presenza di un grado di consapevolezza, quantomeno teorica e di prospettiva, dei potenziali impatti organizzativi delle innovazioni introdotte. Ciò comporta la necessità di ulteriori analisi nel futuro prossimo per verificare eventuali conseguenze che al momento non si riscontrano. Analisi che si rendono ancor più necessarie in conseguenza ai recenti incentivi in merito agli investimenti in tecnologie abilitanti e agli ipotizzati incentivi in formazione specializzata.

Lavoro e competenze nel paradigma di Industria 4.0: inquadramento teorico e prime risultanze empiriche – Riassunto. *Il rapporto tra tecnologia, innovazione e lavoro è sempre stato al centro del dibattito economico-sociologico. Dagli economisti*

classici fino alla teoria più recente si è cercato di individuare le correlazioni positive o negative tra cambiamenti tecnologici e qualità e quantità del lavoro. Nel corso degli ultimi anni si è imposta una nuova narrazione in merito alla Quarta Rivoluzione Industriale che, pur nascendo come progetto di politica economica tedesca a partire dalla crisi, ha contribuito a ravvivare il dibattito. Il rapporto tra innovazione tecnologica, lavoro e competenze è però ancora poco teorizzato ed esplorato. L'articolo vuole contribuire all'analisi e, grazie ai dati di una indagine svolta da Federmeccanica su un campione di oltre 500 imprese italiane, analizzare se e come tali connessioni tra innovazione tecnologica, cambiamenti organizzativi e nuova domanda di competenze si stanno verificando. Il contributo si pone così come strumento iniziale per poter affrontare una analisi approfondita dei possibili impatti di Industria 4.0 sul lavoro e sui lavoratori, oltre che base per possibili previsioni di impatto delle forme di incentivo economico-fiscale introdotte nell'ultimo anno.

Work and skills in Industry 4.0 paradigm: theoretical framing and first empirical results – Summary. *The relationship between technology, innovation and work has always been at the center of the socio-economic debate. From classic economists to the latest theory, they tried to identify the positive or negative correlations between technological changes and the quality and quantity of work. Over the last few years, a new narrative has been set about the Fourth Industrial Revolution, which, though emerging as a German economic policy project during the Great Recession, has helped revive the debate. However, the relationship between technology, work and skills innovation is still little theorized and explored. The article wants to contribute to the analysis and, thanks to the data from a survey conducted by Federmeccanica on a sample of over 500 Italian companies, analyze whether and how such connections between technological innovation, organizational changes and new demand for skills are occurring. The contribution is thus an initial tool for dealing with an in-depth analysis of the possible impacts of Industry 4.0 on labor and workers, as well as the basis for possible impact forecasts of the economic and fiscal incentives introduced in the last year.*