

DIGITALIZZAZIONE, AUTOMAZIONE E FUTURO DEL LAVORO

Dario Guarascio
Stefano Sacchi



L'INAPP (Istituto Nazionale per l'Analisi delle Politiche Pubbliche), nato il 1° dicembre 2016 a seguito della trasformazione dell'ISFOL, ha un ruolo strategico di orientamento e supporto al sistema di governance delle politiche sociali e del lavoro.

Ente pubblico di ricerca vigilato dal Ministero del lavoro e delle politiche sociali, si occupa di analisi, monitoraggio e valutazione delle politiche del lavoro, delle politiche dell'istruzione e della formazione, delle politiche sociali e, in generale, di tutte le politiche economiche che hanno effetti sul mercato del lavoro.

L'INAPP fa parte del Sistema statistico nazionale e collabora con le istituzioni europee. Svolge il ruolo di assistenza metodologica e scientifica per le azioni di sistema del Fondo sociale europeo ed è Agenzia nazionale del programma comunitario Erasmus+ per l'ambito istruzione e formazione professionale.

Presidente: *Stefano Sacchi*

Direttore generale: *Paola Nicastro*

Riferimenti:

Corso d'Italia, 33
00198 Roma
Tel. +39.06.85447.1
web: www.inapp.org

Contatti: editoria@inapp.org

Il lavoro è curato dalla Struttura Analisi strategica delle politiche dell'INAPP (responsabile *Andrea Ricci*).

Questo testo è stato sottoposto con esito favorevole al processo di *peer review* interna curato dal Comitato tecnico scientifico dell'INAPP.

Autori:

Dario Guarascio, INAPP
(d.guarascio@inapp.org)

Stefano Sacchi, INAPP e Università di Milano
(s.sacchi@inapp.org)

Testo chiuso: aprile 2017

Coordinamento editoriale: *Pierangela Ghezzeo*
Impaginazione ed editing: *Anna Nardone*

Le opinioni espresse in questo lavoro impegnano la responsabilità degli autori e non necessariamente riflettono la posizione dell'Ente.

Alcuni diritti riservati [2017] [INAPP]
Quest'opera è rilasciata sotto i termini della licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 4.0. Italia License.
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)



ISBN 978-88-543-0125-2



ABSTRACT

DIGITALIZZAZIONE, AUTOMAZIONE E FUTURO DEL LAVORO

Il presente paper propone una riflessione circa i potenziali effetti sul lavoro dell'attuale processo di digitalizzazione ed automazione delle relazioni socio-economiche. La tesi di base è quella della non-neutralità del cambiamento tecnologico, in ragione della quale la politica economica tende a giocare un ruolo chiave nell'assicurare l'equa distribuzione di costi e benefici; nonché la sostenibilità sociale dello stesso cambiamento tecnologico. Enfatizzando l'eterogeneità dei potenziali effetti nell'industria, nei servizi e nella cosiddetta "economia delle piattaforme", il saggio discute i rischi e le opportunità che digitalizzazione ed automazione pongono in ciascuno di questi domini. Infine, vengono delineate alcune misure di politica economica utili a massimizzare i benefici ed a ridurre i costi sociali della trasformazione in atto.

PAROLE CHIAVE: cambiamento tecnologico, occupazione, competenze

DIGITALIZATION, AUTOMATIZATION AND THE FUTURE OF WORK

This paper analyses the potential impact on work of digitalization and automatization of socio-economic relationships. We build on the hypothesis of non-neutrality of technological change pointing to a key role of economic policy to ensure: a balanced distribution of costs and benefits; as well as social sustainability of the ongoing process of technological change. Emphasizing the heterogeneous impact that digitalization and automatization might have in domains as industry, services and "platform economy", this article discusses risks and opportunities faced in each domain. Finally, we delineate a set of policy actions aimed at maximizing benefits and minimizing social costs related to the technological transition underway.

KEYWORDS: *technological change, employment, skill demand*

PER CITARE IL PAPER: INAPP, Guarascio D., Sacchi S., *Digitalizzazione, automazione e futuro del lavoro*, INAPP, Roma, 2017



INDICE

Introduzione	5
1 Industria 4.0 e futuro del lavoro: definire il perimetro	8
2 Gli effetti su quantità e qualità dell'occupazione: inquadramento per l'analisi	14
3 Il ruolo delle competenze nella relazione tra tecnologia e lavoro	19
4 Le implicazioni per la politica economica ed il welfare.....	22
Bibliografia.....	25



INTRODUZIONE

Con il termine Industria 4.0 viene comunemente identificata la trasformazione tecnologica che sta investendo tutti i domini dell'economia: la produzione, il consumo, i trasporti e le comunicazioni. Tale trasformazione è guidata dall'intreccio di digitalizzazione (l'introduzione di dispositivi e processi capaci di trasmettere ed elaborare enormi masse di dati con una velocità fino ad ora impensabile) ed automazione (la disponibilità di macchine capaci di svolgere mansioni, a medio-alta complessità, sin qui appannaggio dei soli esseri umani).

La transizione verso l'Industria 4.0 si caratterizza per una duplice natura. Da un lato, grandi opportunità associate alla creazione di nuova ricchezza e maggior benessere, attraverso i guadagni di produttività; al soddisfacimento di nuovi bisogni, mediante l'introduzione di nuovi prodotti; ed alla maggiore efficienza dei processi produttivi, grazie all'implementazione delle innovazioni di processo. Dall'altro lato, come già Joseph Schumpeter (1942) paventava, ogni "salto tecnologico" costituisce una sfida alla sostenibilità sociale del sistema economico. In particolare, il potere di mercato di cui godono gli agenti economici che per primi beneficiano delle nuove tecnologie e la distruzione di posti di lavoro associata all'introduzione dei nuovi processi, così come i cambiamenti qualitativi che le prestazioni lavorative possono subire, costituiscono forze di potenziale destabilizzazione del sistema legate all'avvento dell'Industria 4.0.

Le principali preoccupazioni attengono agli effetti negativi che digitalizzazione ed automazione possono avere sulla quantità e la qualità dell'occupazione (si vedano, su questo tema, Mèda, 2016 e De Stefano, 2016). Un'efficace descrizione della natura delle sfide di fronte a cui il lavoro contemporaneo si trova esposto è fornita dagli economisti Erik Brynjolfsson and Andrew McAfee (2014, p. 11):

«...la rapida e crescente digitalizzazione rischia di produrre una profonda destabilizzazione delle economie e ciò dipenderà dal fatto che, con l'aumentare della potenza dei computer, le imprese avranno sempre meno bisogno di vaste categorie di lavoratori. Le trasformazioni tecnologiche in atto rischiano di lasciare indietro un grande numero di persone. Come mettiamo in luce, non vi è mai stato un tempo migliore per essere lavoratori dotati di competenze elevate ed adeguate ai mutamenti in atto, poiché questi lavoratori potranno sfruttare le opportunità insite nelle nuove tecnologie. Tuttavia, non vi è mai stato un tempo peggiore per chi è dotato di competenze tradizionali poiché computer, robot ed altre tecnologie digitali stanno acquisendo queste competenze con una rapidità straordinaria...».

Alcuni studiosi, tra cui David Autor (2015), suggeriscono, tuttavia, di ridimensionare le preoccupazioni e di guardare ai cambiamenti tecnologici in atto con ottimismo. Quel che viene sottovalutato è, a giudizio di Autor, la capacità compensativa di cui le innovazioni tecnologiche sarebbero dotate: a fronte di qualcosa che viene distrutto – un posto di lavoro o, in alcuni casi, un intero settore industriale - vi è



qualcosa che viene creato: maggiore ricchezza a parità di fattori produttivi, dunque maggiore domanda e occupazione, o nuove attività che hanno necessità di nuove competenze.

Tuttavia, sebbene i meccanismi compensativi enfatizzati da Autor esistano e sia opportuno non sottovalutarne la portata, la radicalità dei cambiamenti in atto ed i primi effetti riscontrabili sulla quantità e sulla qualità del lavoro inducono alla prudenza. Una prudenza suggerita anche dai risultati dell'esercizio empirico condotto da Frey ed Osborne (2017), nell'ambito del quale gli autori stimano l'effetto della "computerizzazione" sull'occupazione statunitense. Sulla base delle stime effettuate su dati relativi a 702 categorie professionali, emerge come circa il 47% dell'occupazione nordamericana sarebbe esposta al rischio di sostituzione da parte delle macchine. Rischi simili sono prospettati anche in recenti lavori di ricerca condotti dall'International Labour Organization (ILO) – si vedano, tra gli altri, Mèda (2016) e De Stefano (2016) – dove si richiama alla stringente necessità di un programma di politica economica capace di accompagnare le trasformazioni tecnologiche in corso massimizzando le opportunità e minimizzando, altresì, i rischi.

In particolare, Mèda (2016) e De Stefano (2016) sottolineano come i rischi per il lavoro investano settori dell'economia sin qui considerati immuni dagli effetti destabilizzanti del cambiamento tecnologico. Il coinvolgimento di settori quali i servizi all'impresa, la sanità, i trasporti ed altre industrie caratterizzate da livelli medio-alti di complessità del processo produttivo mette in luce il rischio di distruzione di occupazioni a medio-alta competenza. Una simile evenienza pone in questione la possibilità che gli effetti occupazionali negativi associati all'avvento di Industria 4.0 possano essere attenuati (o eliminati) da un processo per cui la domanda di occupazioni ad alta intensità di conoscenza tenderebbe a compensare la distruzione di occupazioni a bassa intensità. De Stefano (2016) enfatizza, inoltre, come la diffusione delle tecnologie digitali nella gestione delle relazioni lavorative – in particolare, nel caso dell'erogazione di servizi quali i trasporti ma anche per l'espletamento di mansioni di tipo intellettuale – potrebbe determinare, se non adeguatamente regolamentata, un'accentuazione della frammentazione del lavoro e della sua dequalificazione, fenomeni già oggetto di particolare attenzione da parte dei policy maker europei.

Le sfide insite nell'avvento di Industria 4.0 richiedono dunque un significativo sforzo di analisi quale passo propedeutico per l'implementazione di un set di politiche capace di rendere sostenibili le trasformazioni appena descritte. Il presente paper è finalizzato a fornire un quadro interpretativo del fenomeno Industria 4.0 con una particolare attenzione all'**impatto** che le **trasformazioni tecnologiche** in atto stanno avendo e potranno avere **sul lavoro**. Si intende fornire una base analitica di supporto per il disegno di iniziative di politica economica tese a favorire lo sfruttamento delle opportunità che l'Industria 4.0 offre garantendo, allo stesso tempo, la sostenibilità sociale del processo in atto. In questo senso, la relazione tra cambiamento tecnologico e lavoro è presa in considerazione guardando a tale relazione da una pluralità di angolazioni: quantità e qualità dell'occupazione; competenze e formazione; relazioni industriali e regolamentazione; nuova organizzazione del lavoro e welfare state; interazione tra micro (condizioni lavorative che cambiano) e macro (crescita economica). L'articolo è redatto a partire da una rassegna delle evidenze empiriche e delle analisi teoriche disponibili circa l'avvento delle tecnologie dell'Industria 4.0 e i loro potenziali effetti sulla dinamica economica ed il



lavoro. L'articolazione proposta è la seguente. In primo luogo, viene definito il perimetro del fenomeno Industria 4.0 identificando le eterogeneità e le similitudini che caratterizzano i suoi elementi e la molteplicità degli effetti che tale processo può determinare. Il terzo paragrafo analizza i potenziali effetti della trasformazione tecnologica in atto sulla quantità e la qualità dell'occupazione. Il paragrafo che segue approfondisce il ruolo delle competenze nello spiegare la relazione tra tecnologia e occupazione mentre quello conclusivo propone una breve analisi delle implicazioni di politica economica e di welfare.



1 INDUSTRIA 4.0 E FUTURO DEL LAVORO: DEFINIRE IL PERIMETRO

Da un punto di vista tecnico, la trasformazione tecnologica identificabile con il nome Industria 4.0 può essere definita come la combinazione di una serie di *tecnologie direttamente applicabili* ai processi economico-produttivi a cui sottendono altrettante *tecnologie di base*. Tra queste tecnologie, il ruolo più rilevante è ricoperto da:

- “Big Data”, cioè la disponibilità di supporti materiali ed immateriali che consentono di immagazzinare, elaborare e trasmettere enormi masse di dati che hanno come tecnologia di base l’immagazzinamento (*storage*) dei dati su Ram e non più su disco;
- “Industrial Internet of Things”, noto anche come web 4.0, ovvero oggetti che comunicano in tempo reale con altri oggetti aggiornando le rispettive routine operative, che poggia su tecnologie di base quali i network di sensori e i trasmettitori di radiofrequenze (tag RFID);
- “Cloud Manufacturing”, cioè la trasformazione del processo produttivo manifatturiero in una rete di risorse perennemente comunicanti e flessibilmente adattabili al mutamento delle condizioni di contesto;
- “Advanced Automation”, cioè lo sviluppo di robot dotati di capacità ergonomiche, di apprendimento e problem solving sinora impensabili e fondate su tecnologie di base quali la robotica ed il machine learning;
- “Additive Manufacturing”, cioè l’uso industriale della tecnologia della stampa in 3D;
- “Wearables e Interfacce Vocali”, ovvero l’insieme di dispositivi che “aumentano” le capacità umane come il riconoscimento vocale o la realtà aumentata¹.

L’introduzione delle tecnologie di Industria 4.0 sta producendo e produrrà effetti sia nell’industria in senso stretto che nei servizi. Tali effetti sono significativamente eterogenei tra loro e comportano sfide ed opportunità altrettanto eterogenee. L’elemento di novità più profondo, tuttavia, riguarda l’“abbattimento di barriere” che Industria 4.0 porta con sé. *Il perimetro dei processi produttivi tenderà ad allargarsi rendendo sempre più rarefatta la distinzione tra impresa madre e fornitori, tra manifattura e servizi ancillari, tra espletamento di operazioni codificate e programmate nel tempo e fornitura di servizi spot e on-demand, tra mansioni svolte da lavoratori contrattualizzati e riconoscibili entro uno specifico contesto produttivo e self-contractors che si relazionano con molteplici organizzazioni allo stesso tempo.* Si tratta, cioè, di una espansione senza precedenti del concetto di *flessibilità* le cui implicazioni sull’organizzazione economica e sociale e, in particolare, sulle condizioni di lavoro non è ancora possibile prevedere completamente.

¹ Le trasformazioni tecnologiche che sostanziano l’avvento di Industria 4.0 si legano - e, in alcuni casi, ne costituiscono una diretta evoluzione - a traiettorie tecnologiche preesistenti (Dosi, 1988). L’“Industrial Internet of Things” ed il “Cloud Manufacturing”, ad esempio, costituiscono un’evoluzione di modalità organizzative e di automazione della produzione quali il CAM/CAD o il “Product Lifecycle Management”. Questo elemento è di particolare rilevanza poiché richiama alla necessità di distinguere ciò che di nuovo si presenta da ciò che, al contrario, rappresenta esclusivamente un approfondimento di traiettorie tecnologiche preesistenti.



Identificata la costellazione di tecnologie che compone Industria 4.0, è necessario distinguere la relazione che queste stesse tecnologie hanno con comparti produttivi diversi quali la manifattura e i servizi. Nel primo caso, tecnologie quali l'Advanced Manufacturing e l'Internet of Things approfondiranno la tendenza verso l'ottimizzazione dei processi e la produzione just-in-time. La disponibilità di robot capaci, da un lato, di svolgere mansioni operativamente complesse e, dall'altro, di apprendere dalle proprie stesse operazioni raffinando le capacità realizzative nel tempo ridurrà il fabbisogno di umani lungo la catena di montaggio. Inoltre, tali tecnologie renderanno sempre più stringenti i legami tra imprese operanti lungo la medesima catena del valore rendendo possibile, per gli agenti che operano in corrispondenza degli anelli nevralgici delle stesse catene, ottenere un adeguamento immediato delle decisioni degli altri agenti alle variazioni delle proprie necessità operative. Le tecnologie di Industria 4.0 introducono elementi di novità anche per quel che riguarda l'innovazione di prodotto. L'adozione di tecniche quali Advanced e Additive Manufacturing aumenta considerevolmente la possibilità di "customizzare" i prodotti consentendo di modificarne le caratteristiche in modo flessibile a seconda delle necessità degli acquirenti. Una maggiore flessibilità che, da un canto, garantisce un avanzamento della capacità di soddisfare la domanda di beni manifatturieri, in termini sia quantitativi che qualitativi; dall'altro, rende l'organizzazione del processo produttivo plasmabile in tempo reale a seconda delle variazioni degli stessi flussi di domanda².

Per quanto riguarda i servizi, la combinazione di tecnologie quali i Big Data e gli avanzamenti nella robotica consentono la sostituzione di mansioni umane ad alto tasso di complessità. Staglianò (2016) mostra come robot equipaggiati di algoritmi di apprendimento di ultima generazione siano già stati sperimentati in luogo di operatori di call center o di assistenza post-vendita, anestesisti, redattori di articoli in giornali specializzati quali Bloomberg. Il cambiamento più significativo, tuttavia, riguarda l'emergere dell'"economia delle piattaforme". Mutuando la definizione di Farrel e Greig (2016), è possibile definire l'economia delle piattaforme come un sistema di intermediazione basato sulla gestione dei dati che consente di:

- fornire un luogo online (piattaforma) dove i prestatori di servizi entrano direttamente in contatto con gli acquirenti;
- lavorare in qualunque momento e, in molti casi, da qualunque luogo;
- pagare sulla base di una "contrattazione" o per un prezzo prestabilito singole operazioni che normalmente sono piccole componenti di mansioni più complesse – ad esempio una ricerca bibliografica o la traduzione di un breve brano effettuata mediante piattaforme quali Amazon Mechanical Turk o Crowdfunder;
- intermediare o facilitare i pagamenti per qualunque tipo di transazione.

Farrel e Greig (2016) distinguono tra *capital platform* e *labour platform*. Le prime, i cui esempi più noti sono Ebay e Airbnb, connettono clienti con venditori o affittuari che cedono in modo diretto beni di cui

² Si tratta, anche in questo caso, di un avanzamento lungo una traiettoria già percorsa tramite lo sviluppo di tecnologie precedenti – i.e. CAM/CAD - ma che con industria 4.0 vede un significativo spostamento in avanti della frontiera.



sono proprietari. Le *labour platform*, che vanno dalle piattaforme che forniscono la consegna di pasti a domicilio come Foodora o Deliveroo, trasporto come Uber, servizi per la casa come TaskRabbit o servizi intellettuali come Amazon Mechanical Turk e Crowdfunder, connettono invece in modo immediato clienti e prestatori di servizi caratterizzati da tassi di complessità più o meno elevata. La figura 1 fornisce una rappresentazione grafica dei due tipi di piattaforma.

Figura 1 - L'economia delle piattaforme



Fonte: Farrel e Greig (2016, p.5)

La natura dei servizi forniti attraverso le *labour platform* – i.e. piattaforme anche note con il nome di “gig-economy” o “economia dei lavoretti” (De Stefano, 2016) – possono variare considerevolmente in termini di qualità e complessità. Molto spesso vengono svolte mini-operazioni, parcellizzate e particolarmente ripetitive come l’inserimento di stringhe in un foglio di lavoro o l’attribuzione di etichette ad immagini digitali. In altri casi, ad essere domandate sulla piattaforma sono attività più complesse come la creazione di un logo o lo sviluppo di un sito web. I *work-on demand* via Apps³ (De Stefano, 2016) sono invece servizi tradizionali come trasporti o pulizie offerti e gestiti tramite le App. In questi casi, le imprese che governano le piattaforme stabiliscono gli standard minimi di qualità, le tariffe e la gestione dei soggetti che forniscono i servizi attraverso le App.

Un elemento di particolare interesse riguarda la modalità con cui le piattaforme aggiudicano i compiti e attribuiscono la relativa remunerazione ai soggetti che si connettono alla piattaforma. Alcune piattaforme danno dei tempi molto stringenti entro cui accettare o rifiutare lo svolgimento di un compito generando un meccanismo competitivo tra i prestatori. Inoltre, basandosi sulla natura giuridica di self-contractors dei soggetti che prestano i loro servizi attraverso la piattaforma, la gran parte delle

³ Si tratta di servizi offerti da soggetti che si collegano alla *labour platform* attraverso il proprio Smartphone. Gli esempi più noti sono Uber, Foodora e Deliveroo.



labour platform può modificare unilateralmente le tariffe corrisposte per il singolo servizio⁴. In termini generali, è possibile affermare che i soggetti che prestano servizi attraverso le piattaforme sono esposti ad una significativa pressione competitivo-prestazionale (si veda il paragrafo successivo per un'analisi delle conseguenze sulle condizioni di lavoro derivanti da tali pressioni).

Come mostrato in O'Connor (2016) e De Stefano (2016), i soggetti che operano per piattaforme quali Foodora, Uber o Deliveroo sono costantemente sollecitati circa il mantenimento di standard produttivi medi – i.e. standard produttivi calcolati a partire, ad esempio, dal tempo medio (di consegna o, più in generale, di prestazione) dei prestatori iscritti alla piattaforma. In alcuni casi, i prestatori che si collocano persistentemente al di sotto di tali standard possono incorrere in segnalazioni negative e, nelle situazioni più estreme, nella disconnessione forzata dalla piattaforma – i.e. O'Connor (2016) documenta come negli USA questo tipo di pratiche abbia dato adito a contenziosi giudiziari tra gli autisti di Uber e la multinazionale che gestisce la piattaforma. La crescente rilevanza occupazionale dell'economia delle piattaforme è mostrata dai dati in tabella 1.

Tabella 1 - Le principali piattaforme e la loro rilevanza occupazionale

Piattaforma	Settore	Dimensioni della forza lavoro	Area geografica
Uber	Trasporti	160.000	Internazionale
Lyft	Trasporti	50.000	USA
Sidecar	Trasporti	6.000	USA
Handy	Servizi domestici	5.000	USA
TaskRabbit	Servizi domestici	30.000	Internazionale
Care.com	Servizi domestici	6.600.000	Internazionale
Postmates	Consegne	10.000	USA
Amazon Mech Turk	Lavoro intellettuale	500.000	Internazionale
Crowdfunder	Lavoro intellettuale	5.000.000	Internazionale
Crowdsourcing	Lavoro intellettuale	8.000.000	Internazionale
Clickworker	Lavoro intellettuale	700.000	Internazionale

Fonte: Smith R. e Leberstein S., *Rights on demand: Ensuring workplace standards and worker security in the on-demand economy*. National Employment Law Project, New York, settembre 2015

Le trasformazioni che stanno investendo la manifattura e i servizi, tuttavia, non vanno intese come processi nettamente separati. Come già argomentato, uno degli effetti preminenti dell'avvento di Industria 4.0 è quello di ridurre le barriere tra attività e processi produttivi rendendo sempre più accentuata la sincronizzazione e la deterritorializzazione delle relazioni economiche. Da questo punto di vista, l'economia delle piattaforme – in particolare, l'erogazione di servizi intellettuali – può trovare diverse forme di relazione con l'attività della manifattura e dell'industria più in generale. Garibaldi (2017), ad esempio, mostra come nell'ambito del proprio recente processo di riorganizzazione IBM abbia progettato una *labour platform*⁵ esterna finalizzata ad integrare un insieme di professionisti on-

⁴ Su questo punto si veda l'inchiesta condotta dal Financial Times sull'attività delle *labour platform* nel Regno Unito e negli USA (<https://goo.gl/PI0xZy>).

⁵ La piattaforma di IBM è chiamata GenO, per maggiori dettagli si veda Garibaldi (2017).



demand alle proprie forze lavoro regolarmente inquadrato nel perimetro organizzativo. Non meno rilevante, inoltre, è l'effetto che le trasformazioni tecnologiche in atto potranno avere sulla struttura delle economie per come essa viene rappresentata, anche da un punto di vista statistico-descrittivo. Lo stimolo all'integrazione di diversi processi ed organizzazioni, infatti, rischia di rendere sempre meno pregnanti le tradizionali tassonomie settoriali. In questo senso, un'analisi accurata del processo di diffusione delle nuove tecnologie così come dei potenziali effetti delle stesse deve tener conto della loro natura trasversale.

Il tassello finale di questa definizione del perimetro di Industria 4.0 riguarda la collocazione di quest'ultima nell'attuale contesto economico nazionale ed internazionale. Preliminarmente, è opportuno menzionare il fatto che lo stesso termine Industria 4.0 è stato coniato in Germania dalla National Academy of Science and Engineering (Acatech) e individua un'iniziativa del governo tedesco che ha l'obiettivo di definire e implementare una strategia di digitalizzazione della manifattura nazionale. Lanciata nel 2011, la strategia *Industrie 4.0* ha come esplicita finalità quella di consolidare la leadership internazionale della manifattura tedesca. Il piano prevede la realizzazione di progetti di innovazione e di trasferimento tecnologico, con un orizzonte di 10-15 anni. I tratti essenziali del programma sono:

- la diffusione del Cyber Physical System (CPS), la sensorizzazione (attraverso l'implementazione delle tecnologie dell'Industrial IoT) degli impianti manifatturieri con l'obiettivo di costruire un "modello" che virtualizza gli impianti stessi consentendo di monitorarli, simularne il comportamento al fine di controllarlo in modo automatico e ricalibrare il processo in caso di scostamenti dagli obiettivi predeterminati;
- favorire il consolidamento di un "ecosistema" comprendente imprese manifatturiere fornitrici di automazione o automobilistiche (Siemens, Bosch, VW, Festo, ecc.), aziende del comparto ICT (SAP, ESG) nonché i centri di ricerca nazionali, le università e le principali associazioni industriali e sindacali del paese (Acatech, Fraunhofer Institute, ecc.). Un ecosistema teso a favorire il trasferimento tecnologico e a fungere da piattaforma di condivisione dei risultati conseguiti nelle fasi di R&S.

Il piano *Industrie 4.0* si caratterizza, inoltre, per un deciso coordinamento centrale da parte dei responsabili di politica economica. Un coordinamento volto, da un lato, a facilitare il reperimento delle risorse finanziarie necessarie per effettuare gli investimenti nelle nuove tecnologie; dall'altro, a garantire che i diversi progetti contribuiscano alla generale finalità di rafforzamento della capacità tecnologica e competitiva dell'industria manifatturiera tedesca nel suo complesso⁶.

Le origini del termine Industria 4.0 ricordano come l'accelerazione tecnologica in atto investa aree che si caratterizzano per condizioni economiche e tecnologiche fortemente differenziate. In primo luogo, è importante enfatizzare come le condizioni strutturali – il peso relativo del settore manifatturiero, il tasso di innovatività del tessuto produttivo, la capacità di cogliere le opportunità tecnologiche, la disponibilità

⁶ Un piano analogo a quello tedesco è stato lanciato negli Stati Uniti nel 2011 (Advanced Manufacturing Partnership (AMP)). Per maggiori informazioni consultare: <http://web.mit.edu/pie/amp/>.



di competenze, il tasso di crescita e lo stato di salute della base produttiva – siano fortemente eterogenee a livello globale e, in particolare, a livello europeo. In questo senso, uno sfruttamento equilibrato delle opportunità offerte da Industria 4.0 richiederebbe una prospettiva di politica industriale di respiro europeo capace di tener conto delle eterogeneità appena menzionate. Al contrario, l'adozione di strategie non coordinate e volte al rafforzamento dei singoli settori nazionali rischia di esacerbare la polarizzazione economica e sociale piuttosto che favorire l'armonizzazione e la convergenza (su questo punto si vedano, tra gli altri, Simonazzi *et al.* 2013; Cirillo e Guarascio, 2015). Inoltre, le tecnologie che connotano Industria 4.0 e, in modo particolare, quelle che riguardano più direttamente il settore manifatturiero, renderanno le catene del valore nazionali e internazionali ancor più fluide e flessibili. Da questo punto di vista, le imprese o i paesi che oggi godono di posizioni di leadership nelle rispettive catene del valore potrebbero consolidare tale posizione beneficiando di una condizione, economica e tecnologica, capace di garantire loro un processo di adozione delle nuove tecnologie più rapido rispetto a quello dei competitori.

Questo paragrafo ha inteso definire il perimetro di Industria 4.0 delineandone le caratteristiche tecniche e gli elementi che la compongono; il significato diverso che le attuali trasformazioni tecnologiche acquisiscono se si guarda alla manifattura o ai servizi; le origini politiche del termine Industria 4.0 e la declinazione del fenomeno in esame nel contesto economico e produttivo internazionale. Il paragrafo che segue propone alcune riflessioni iniziali, da approfondire attraverso un'analisi più fine di quanto questo lavoro possa consentire, circa gli effetti che le nuove tecnologie stanno avendo e potrebbero avere su qualità e quantità dell'occupazione.



2 GLI EFFETTI SU QUANTITÀ E QUALITÀ DELL'OCCUPAZIONE: INQUADRAMENTO PER L'ANALISI

Gli effetti del cambiamento tecnologico sulla quantità e la qualità dell'occupazione sono oggetto d'analisi sin dai tempi di Smith, Ricardo e Marx⁷. Che le macchine possano sostituire il lavoro è stato, ciclicamente, uno dei principali oggetti di riflessione da parte degli economisti. Nel 1983, Leontieff si esprimeva in questo modo circa l'impatto che il cambiamento tecnologico legato all'introduzione massiva di computer, robot e tecniche di automazione avrebbe prodotto: «...il ruolo degli umani quale fattore produttivo tenderà a ridursi drasticamente così come è avvenuto ai cavalli impiegati in agricoltura all'indomani dell'introduzione del trattore...».

La comprensione del rapporto tra cambiamento tecnologico e lavoro richiede una riflessione preliminare circa il tema della *neutralità tecnologica*. Astratti dal contesto economico-sociale in cui sono collocati, le tecnologie ed i dispositivi ad esse connessi appaiono come oggetti scevri da qualsivoglia relazione con l'organizzazione sociale che li ha prodotti e li utilizza. Tuttavia, la morfologia, la traiettoria evolutiva e l'esistenza stessa delle tecnologie è indissolubilmente connessa ai rapporti sociali che caratterizzano il contesto da cui le stesse tecnologie emergono. Allo stesso modo, l'introduzione di una o più tecnologie va a influenzare suddetti rapporti sociali con esiti che dipendono sia dalle caratteristiche della tecnologia che dalle condizioni della società ove essa viene a dispiegarsi. Il cambiamento tecnologico, quindi, non è esogeno nel suo manifestarsi e non è neutrale negli effetti che può avere sui rapporti sociali ed economici. In un celebre studio sull'impatto dell'introduzione delle macchine a controllo numerico nell'industria manifatturiera statunitense, David Noble (1979, p.101) afferma:

«...le tecnologie di produzione sono determinate dalle caratteristiche dei rapporti sociali di produzione: primo, sono disegnate sulla base dei fini e del potere contrattuale di coloro che compiono la scelta di concepire, realizzare e introdurre una nuova tecnologia; secondo, il modo in cui le stesse tecnologie sono impiegate all'interno del processo produttivo riflettono i rapporti di forza per come si configurano nell'ambito dello stesso processo...».

Il riconoscimento della non neutralità della tecnologia è di particolare importanza poiché mette in luce il ruolo chiave della politica economica. Quest'ultima, infatti, è lo strumento attraverso cui è possibile sfruttare le potenzialità tecniche delle innovazioni minimizzando il rischio di disoccupazione, riduzione

⁷ La competizione tra l'uomo (lavoratore) e la macchina è un tema vecchio quanto la rivoluzione industriale. Nella *Ricchezza delle Nazioni* (1776), Adam Smith identifica nel cambiamento tecnologico la forza capace di garantire la prosperità nel lungo periodo, a patto che tale cambiamento influenzi e modifichi l'organizzazione del lavoro (e la sua divisione) così da beneficiare di tali trasformazioni. Non molti anni dopo, David Ricardo affronta l'argomento con un piglio decisamente più pessimista. Anticipando il concetto di "disoccupazione tecnologica" successivamente coniato da Keynes, Ricardo vede la "sostituzione del lavoro umano con le macchine" come qualcosa di "potenzialmente molto dannoso per gli interessi dei lavoratori". L'economista inglese arriva ad immaginare lo scenario, allora futuristico ed oggi non così implausibile, di una produzione "completamente realizzata dalle macchine". Si tratta di uno scenario in cui "scomparebbe la domanda di lavoro e nessuno, ad eccezione di pochi capitalisti, sarebbe più nelle condizioni di consumare alcunché".



dei salari, frammentazione del lavoro e accumulazione di eccessivo potere di mercato da parte delle imprese.

Un filone di studi più recenti – si veda, per una rassegna, Calvino e Virgillito (2017) – ha mostrato come diverse tipologie di cambiamento tecnologico possono esercitare effetti altrettanto differenziati sull'occupazione. Le innovazioni di prodotto (i miglioramenti qualitativi o l'aumento della complessità dei prodotti) costituiscono cambiamenti capaci di generare un aumento della domanda e del reddito a parità di fattori produttivi impiegati creando, per questa via, le condizioni per incrementi occupazionali e salariali. Le innovazioni di processo (le modificazioni del processo produttivo tese ad accrescerne l'efficienza), al contrario, mirano a rendere l'impresa in grado di produrre riducendo il fabbisogno di fattori produttivi (o di ottimizzare il loro impiego). Da questo punto di vista, l'innovazione di processo può indurre effetti negativi sull'occupazione determinando la distruzione di posti lavoro. Tale distruzione, tuttavia, può essere attenuata dagli effetti positivi sulla domanda che i guadagni di produttività e la potenziale riduzione dei prezzi potrebbero favorire. In questo quadro, un ruolo fondamentale è giocato dagli effetti compensativi. Seguendo Autor (2015), tali effetti tenderebbero a svilupparsi in modo quasi "naturale" accompagnando il sistema economico da una configurazione strutturale ad un'altra. Si tratta di un meccanismo per il quale il sistema economico tenderebbe ad adattarsi favorendo l'adeguamento delle competenze esistenti, lo svilupparsi di nuove e, soprattutto, la valorizzazione delle competenze "esclusivamente umane" che nessun dispositivo meccanico o digitale potrebbe mai svolgere. Usando le parole di Autor (2015, p. 5):

« ...ritengo che l'interazione tra uomini e macchine consentirà ai computer di sostituire gli umani nelle mansioni più routinarie e codificabili ma, allo stesso tempo, aumenterà il vantaggio competitivo degli umani circa le mansioni a più alto tasso di adattabilità e creatività...in molti casi le macchine sostituiscono e sono complementari all'umano allo stesso tempo. Concentrarsi solo sugli effetti negativi non consente di cogliere un meccanismo economico fondamentale determinato dall'automazione: aumentare il valore delle mansioni svolte esclusivamente dagli uomini...».

Gli effetti sulla quantità e la qualità dell'occupazione derivanti dall'introduzione delle tecnologie di Industria 4.0 possono allora dispiegarsi lungo una pluralità di direttrici, che dipendono dal settore economico. Circa gli effetti sulla quantità dell'occupazione, le tecnologie di Industria 4.0 costituiscono una *labour-saving process innovation*, particolarmente se si guarda al solo settore manifatturiero. L'introduzione di robot in grado di svolgere mansioni sin qui svolte dagli umani lungo la linea di produzione o l'efficientamento delle stesse linee mediante l'*Advanced Manufacturing* può rendere ridondanti i lavoratori attualmente impiegati in tali mansioni⁸.

In modo simile, la maggiore flessibilità lungo le catene del valore che Industria 4.0 tende a comportare potrebbe determinare un accrescimento della pressione competitiva sui subfornitori lungo le medesime

⁸ Pun Ngai, Lu Huilin, Guo Yuhua e Shen Yuan (2015) raccontano come in FoxConn, la fabbrica cinese che assembla gli Iphone della Apple e che impiega il numero più elevato di operai al mondo, il programma di automazione delle linee produttive avviato nel 2014 attraverso l'introduzione di robots intelligenti è atteso comportare una riduzione della base occupazionale da 110.000 a 50.000 unità. Per maggiori dettagli si vedano Sacchetto, Gambino 2015, o <http://goo.gl/vHkztl>



catene. Tale pressione, nella misura in cui si traducesse in un tentativo di accrescere i margini comprimendo il costo del lavoro, potrebbe a sua volta determinare una distruzione di posti di lavoro in corrispondenza degli anelli gerarchicamente più deboli della catena. Allo stesso modo, però, le tecnologie di Industria 4.0 possono produrre guadagni di produttività e consentire un incremento del contenuto tecnologico dei prodotti. Questi fattori a loro volta possono indurre una crescita dei flussi di domanda attirati dalla maggiore convenienza – se alla maggiore efficienza corrisponde una riduzione del prezzo – o dalla accresciuta qualità dei prodotti, con effetti benefici sulla quantità prodotta, e dunque sull'occupazione. Il prevalere di un circolo negativo *innovazione-distruzione posti di lavoro*, oppure virtuoso *innovazione-crescita*, può dipendere dalle condizioni macroeconomiche e dalla capacità redistributiva delle politiche. La presenza di flussi di domanda sostenuti, infatti, rappresenta una condizione determinante per favorire l'articolarsi del circolo virtuoso che va dall'innovazione di prodotto o di processo all'aumento di produzione e, per questa via, della domanda di lavoro.

Circa la qualità dell'occupazione e le condizioni di lavoro, le tecnologie di Industria 4.0 presentano, per ciò che riguarda il settore manifatturiero, opportunità e rischi. Tra le opportunità vi sono la maggiore efficienza ed ergonomia dei processi. Un incremento di queste è verosimilmente connesso ad un miglioramento delle condizioni lavorative, in particolare lungo le linee produttive, con una riduzione dello sforzo fisico necessario per compiere le operazioni e minori rischi per la salute. Inoltre, l'aumentato contenuto tecnologico dei processi può implicare la diffusione di innovazioni organizzative ed un aggiornamento delle competenze dei lavoratori. Questi ultimi sono elementi che, a loro volta, possono indurre un maggiore coinvolgimento dei lavoratori ed una riduzione della routinarietà delle mansioni con risvolti positivi sulla motivazione e la qualità del lavoro. Allo stesso tempo, però, l'automazione e l'introduzione di robot e macchine intelligenti può ridimensionare l'importanza dell'attività umana riducendola al solo compito di sorvegliare il corretto fluire del processo produttivo.

Uno dei rischi associati all'introduzione delle tecnologie dell'automazione nel manifatturiero è rappresentato da un possibile aumento dell'alienazione – con i connessi effetti che questa ha sulla salute individuale ma anche sulla produttività – per quei lavoratori il cui contributo attivo al processo produttivo viene significativamente ridotto. Inoltre, l'adozione di pratiche come quelle dell'Advanced Manufacturing – pratiche che consentono di rendere i processi immediatamente adattabili alle fluttuazioni del mercato ed alle relazioni all'interno della catena del valore - possono accelerare il ritmo delle operazioni incidendo negativamente sulla salute dei lavoratori. Infine, l'uso delle tecniche di monitoraggio basate sui Big data può accentuare la pervasività del monitoraggio stesso sulle operazioni in linea nonché la pressione per il mantenimento degli standard produttivi. Anche questo elemento può avere ripercussioni negative sulle condizioni di lavoro e sulla salute individuale.

Spostando l'attenzione sui **servizi**, gli effetti su **quantità** e qualità dell'occupazione hanno principalmente a che fare con l'emergere dell'economia delle piattaforme descritta nella sezione precedente. In termini quantitativi, uno stimolo all'occupazione può derivare dalla possibilità di formalizzare l'erogazione di servizi prima difficilmente formalizzabili. Inoltre, le piattaforme consentono di aumentare in modo estremamente significativo l'offerta di lavoro relativa a servizi tradizionalmente caratterizzati da rigidità quali il trasporto privato su gomma, i servizi per la persona o i servizi



intellettuali (si veda la tabella 1). Al contempo, tuttavia, le piattaforme espongono ad una pressione competitiva molto acuta tali servizi generando tensioni sociali legate a timori circa la salvaguardia dei livelli occupazionali e, soprattutto, di quelli reddituali – i.e. si pensi alle tensioni generate da Uber nel settore del trasporto privato su gomma.

Guardando alla **qualità** dell'occupazione, l'economia delle piattaforme pone, come nel caso del manifatturiero, opportunità e rischi. Le opportunità attengono alla possibilità di svolgere piccole mansioni in modo libero potendo in questo modo beneficiare di quote aggiuntive di reddito, in particolare per chi ha altre occupazioni (Berg, 2016). In aggiunta a ciò, le piattaforme costituiscono una rilevante risorsa per la diffusione dell'autoimprenditorialità. I rischi connessi alla rapida diffusione delle piattaforme sono, tuttavia, di assoluta rilevanza (De Stefano, 2016). In primo luogo, per coloro che hanno nella piattaforma la propria fonte di reddito principale, le condizioni offerte dalla stessa possono coincidere con un rilevante grado di precarietà della condizione lavorativa – i.e. discontinuità del reddito e incertezza circa la durata dell'occupazione stessa, assenza di riconoscimento dello status di lavoratore, assenza di adeguata copertura previdenziale e assicurativa, estrema difficoltà di rappresentanza. Tale condizione di precarietà è in parte determinata dall'assenza di riconoscimento giuridico della condizione dei lavoratori delle piattaforme e dalla pressoché totale assenza di meccanismi di rappresentanza per gli interessi di questi ultimi⁹. Per dare una misura della condizione di fragilità che caratterizza i soggetti che prestano servizi attraverso questo tipo di piattaforme, riportiamo la citazione dell'Amministratore Delegato di Crowdfunder, una delle principali *labour platform* mondiali (De Stefano, 2016):

« ...prima di Internet, sarebbe stato molto difficile trovare qualcuno, farlo sedere per dieci minuti e metterlo a lavorare per te, e poi licenziarlo trascorsi quei dieci minuti. Ma con le nuove tecnologie, puoi trovarli, pagarli un piccolo ammontare di denaro e liberartene quando non ne hai più bisogno...».

De Stefano (2016) segnala il rischio che la diffusione di queste pratiche in assenza di un'adeguata regolamentazione possa rendere questi lavoratori "invisibili" – i.e. la presenza di un medium digitale tra l'acquirente e il fornitore del servizio tenderebbe a far "dimenticare" l'esistenza di quest'ultimo assimilandolo completamente al servizio stesso – contribuendo ad una marginalizzazione radicale della loro condizione. Una marginalizzazione che, come già argomentato, rischia di sommarsi a quella che già caratterizza alcuni segmenti del mercato del lavoro quali, ad esempio, i giovani che lavorano in servizi caratterizzati da discontinuità e scarsa regolamentazione.

In questo paragrafo si è proposta una prima analisi degli effetti che Industria 4.0 potrebbe avere su qualità e quantità dell'occupazione. I potenziali effetti sono stati investigati guardando in modo distinto a manifattura e servizi e, rispetto a questi ultimi, ponendo un'attenzione particolare alla nascente

⁹ Alcune esperienze di sindacalizzazione dei lavoratori delle *labour platform* si sono verificate nel Regno Unito. Questo video (<https://www.youtube.com/watch?v=28Jo7XB4070>) racconta la recente esperienza dei lavoratori della multinazionale Deliveroo nella città di Bristol.



economia delle piattaforme. Il paragrafo che segue offre una riflessione circa il ruolo delle competenze nello spiegare la relazione tra il cambiamento tecnologico indotto da Industria 4.0 ed il lavoro.



3 IL RUOLO DELLE COMPETENZE NELLA RELAZIONE TRA TECNOLOGIA E LAVORO

Le competenze costituiscono un elemento decisivo nella relazione tra cambiamento tecnologico e occupazione. La disponibilità di una forza lavoro dotata di competenze adeguate consente alle organizzazioni di adottare le nuove tecnologie e di sfruttarne il potenziale produttivo. Tali competenze possono essere *preesistenti* l'introduzione delle nuove tecnologie – i.e. come, ad esempio, le conoscenze relative ai linguaggi di programmazione informatica; costituire *l'evoluzione di conoscenze già esistenti* – i.e. come, ad esempio, l'adeguamento delle competenze necessario per il passaggio dal CAD/CAM all'Advanced Manufacturing; o essere *completamente nuove* – i.e. quali le competenze utili all'implementazione di tecnologie come l'Additive Manufacturing.

Nel Policy Brief "Skills for A Digital World", l'OCSE (2016) delinea le caratteristiche delle competenze necessarie affinché la digitalizzazione si dispieghi in modo economicamente benefico e, al contempo, socialmente sostenibile. In primis, viene enfatizzato il ruolo fondamentale di un'istruzione di base di qualità. La capacità di utilizzare in modo adeguato ed efficiente le nuove tecnologie digitali richiede una solida dotazione di competenze di base quali *literacy, numeracy* e *problem solving*. In secondo luogo, l'OCSE enfatizza l'importanza delle *soft skill* intese come quel set di competenze informali – i.e. capacità relazionali e di team building, adattamento a contesti complessi e mutevoli – decisive per operare in modo efficace in contesti ove le informazioni e le decisioni fluiscono in modo scarsamente formalizzato ed orizzontale. In terzo luogo, un'attenzione particolare è posta al legame tra l'accumulazione di competenze connesse all'uso delle nuove tecnologie e l'inclusione nel mercato del lavoro di componenti fragili o sottorappresentate quali le donne e i lavoratori anziani. In questo senso, la diffusione di tecnologie capaci di rendere la mansione lavorativa espletabile in maniera spazialmente e temporalmente più flessibile può favorire l'occupabilità di suddette componenti.

Un ruolo rilevante, inoltre, è ricoperto dalle *competenze del management* delle imprese. In una fase di transizione tecnologica come quella attuale, le scelte manageriali circa modi e tempi di adeguamento del processo produttivo possono influenzare in modo determinante l'impatto di tale adeguamento sulle performance così come sulla qualità e la quantità dell'occupazione. In questo senso, il livello di competenza del management – i.e. competenza che in questo caso intreccia la cognizione delle opportunità e delle sfide legate al cambiamento tecnologico e del legame tra queste, la dinamica economica e le condizioni di lavoro – è cruciale per spiegare diffusione, magnitudo e direzione del cambiamento tecnologico nelle imprese. Non meno rilevanti, infine, sono le competenze disponibili nel tessuto che alimenta la generazione delle conoscenze scientifiche – i.e. università e enti di ricerca – e che sottendono alle tecnologie di base o che consentono di modificare le tecnologie già applicabili. Allo stesso modo, l'esistenza di un sistema formativo capace di trasferire competenze in linea con ciò che la frontiera tecnologica richiede è essenziale sia per alimentare la ricerca di base; che per dotare la forza lavoro di conoscenze adatte ad accompagnare la trasformazione dei processi produttivi.

La struttura delle competenze e la capacità di quest'ultime di adattarsi dinamicamente al cambiamento tecnologico sono due elementi essenziali per spiegare la capacità compensativa delle economie a fronte di effetti occupazionali negativi. Come sottolineato da Autor (2015) e nell'Introduzione a questo lavoro,



la capacità di compensare la distruzione di posti di lavoro occupati in mansioni rese obsolete dal cambiamento tecnologico è legata alla generazione di nuove occupazioni – in nuovi settori o in quelli già esistenti – ed all'adeguamento delle competenze della forza lavoro. L'efficacia della compensazione dipende principalmente dalle dimensioni e dalla rapidità con cui la nuova occupazione e le nuove competenze vengono generate così come dalla capacità di adeguamento delle competenze esistenti.

I tempi di adattamento dell'economia possono essere influenzati dal grado di sviluppo e dalle condizioni economiche e tecnologiche registrabili nel momento in cui il cambiamento tecnologico si verifica:

- disponibilità di infrastrutture abilitanti¹⁰;
- quantità e qualità delle competenze esistenti¹¹;
- struttura demografica della popolazione¹²;
- qualità delle istituzioni deputate alla formazione e alla ricerca scientifica;
- risorse finanziarie pubbliche e private utili ai nuovi investimenti ed alla formazione;
- composizione settoriale dell'economia e peso relativo dei settori high-tech;
- condizioni macroeconomiche.

Circa l'ammontare della nuova occupazione *creata* a fronte di quella *distrutta*, oltre ai fattori appena elencati gioca un ruolo anche la natura delle tecnologie che caratterizzano il processo di trasformazione. L'"intensità occupazionale" delle produzioni - o delle prassi produttive - che vengono sostituite o ridotte a seguito dell'introduzione delle nuove tecnologie, infatti, può non essere compensata quantitativamente dalla nuova occupazione connessa a quelle nuove. Nel caso del settore manifatturiero, l'automazione dei processi produttivi non sembra essere autonomamente in grado di generare un numero di posti di lavoro – destinati, ad esempio, alla supervisione dei processi (automatizzati) – eguale o più che proporzionale a quelli che vengono distrutti (si veda l'esempio della fabbrica cinese Foxconn riportato nel paragrafo precedente).

Le crescita dell'occupazione legata all'economia delle piattaforme può altresì configurare un processo di indebolimento delle competenze disponibili nel sistema economico. Trattandosi di occupazioni caratterizzate da elevata frammentarietà, incertezza ed assenza di tutele è verosimile che le stesse occupazione implicino una riduzione del tasso di formazione ed accumulazione di competenze. In termini generali, la struttura delle competenze può essere indebolita in ragione della scarsa qualità della

¹⁰ Infrastrutture quali, ad esempio, la banda larga, necessarie perché il processo di adozione ed implementazione delle nuove tecnologie possa avvenire.

¹¹ Competenze, si intende, esistenti sia nella forza lavoro che nel management delle imprese.

¹² La struttura demografica può influenzare in modo determinante l'impatto sul lavoro associato al cambiamento tecnologico. Una forza lavoro relativamente anziana potrebbe presentare una dotazione di competenze obsoleta rispetto a ciò che le nuove tecnologie richiedono. Inoltre, la capacità delle stesse competenze di adattarsi dinamicamente al cambiamento del processo produttivo potrebbe essere minore nel caso di prevalenza delle coorti anziane. La distribuzione per età delle forze di lavoro e, più in generale, della popolazione può rivelarsi un fattore decisivo nello spiegare l'eterogeneità tra economie, regioni e settori in termini sia di capacità di sfruttamento delle opportunità produttive ed occupazionali legate all'introduzione delle nuove tecnologie, sia di capacità compensative a fronte della distruzione di posti di lavoro.



gran parte delle occupazioni offerte dalle piattaforme. Un effetto di questo tipo potrebbe essere esacerbato in presenza di fragilità macroeconomico-strutturale qualora lavoratori dotati di competenze elevate ma in condizioni di disoccupazione trovassero nelle *labour platform* l'unica opportunità lavorativa e reddituale. Il protrarsi di una situazione di questo tipo, tanto più se rilevante in termini dimensionali, rischierebbe di determinare un impoverimento della dotazione di capitale umano nell'economia. Lo stesso impoverimento potrebbe essere facilitato dalla natura giuridicamente "ibrida" del lavoro nelle piattaforme. Allo stato attuale, infatti, tale natura esenta i gestori delle piattaforme da qualunque obbligo formativo o di welfare nei confronti dei prestatori¹³.

Questa panoramica preliminare circa gli effetti sulla qualità e la quantità dell'occupazione ed il ruolo delle competenze fa quindi emergere il ruolo cruciale della politica economica. Il paragrafo che segue propone alcune riflessioni circa le implicazioni di politica economica e di welfare legate al cambiamento tecnologico indotto da Industria 4.0.

¹³ Gran parte delle mobilitazioni contrarie allo sviluppo dei servizi delle *labour platform* – mobilitazioni determinatesi, ad esempio, nel settore dei trasporti - sono legate al sensibile peggioramento delle condizioni lavorative (ammontare del reddito percepito, incertezza circa la durata dell'occupazione, riduzione o assenza della copertura sociale) denunciato dagli operatori dei settori minacciati dalla concorrenza delle piattaforme.



4 LE IMPLICAZIONI PER LA POLITICA ECONOMICA ED IL WELFARE

L'analisi sin qui condotta ha messo in luce la radicalità dei cambiamenti che l'avvento di Industria 4.0 potrebbe determinare. Si è mostrato come tali cambiamenti si connotino, da un lato, per una forte eterogeneità; dall'altro, per una significativa trasversalità dal punto di vista dei domini dell'economia che vengono investiti. Le implicazioni di politica economica, quindi, sono esplorate distinguendo i diversi domini – i.e. manifattura, servizi e piattaforme; quantità e qualità dell'occupazione; competenze e capacità compensativa del sistema – e identificando il set di politiche adatte ad intervenire in ciascuno di essi.

Nel settore manifatturiero, l'adozione di tecnologie quali l'Advanced e l'Additive Manufacturing implica un cambiamento dei processi produttivi nella direzione di una maggiore flessibilità ed efficienza degli stessi. Entrambe queste caratteristiche alludono alla possibilità, per l'impresa, di soddisfare la domanda adattandosi in tempo reale alle sue fluttuazioni ma anche ottimizzando (o riducendo) l'uso dei fattori coinvolti nella produzione. Uno stimolo simile può giungere anche dalla "customizzazione" dei prodotti connessa all'Internet of Things così come dalla fluidificazione delle catene di fornitura e sub-fornitura derivante dall'uso dei Big Data nel processo produttivo.

L'aumento dell'efficienza connesso all'innovazione di processo, tuttavia, può determinare una *riduzione del numero di lavoratori* impiegati nel processo produttivo. In termini di politiche, ciò vedrebbe la necessità, in primo luogo, di un intervento teso a minimizzare il costo sociale connesso alla distruzione di posti di lavoro – i.e. **politiche passive** come gli ammortizzatori sociali. A queste politiche andrebbe associato un piano formativo utile a evitare il deperimento delle competenze accumulato dai lavoratori espulsi e ad aggiornare le stesse così da *favorire la ricollocazione in nuovi settori o nuove mansioni*. Inoltre, lo sfruttamento delle opportunità produttive legate all'efficientamento dei processi può essere significativamente favorita dall'implementazione di **politiche attive** del lavoro.

In particolare, la massimizzazione dei benefici economici derivanti dall'introduzione delle nuove tecnologie richiede l'adozione di specifici **piani di formazione** rivolti a i) soggetti già occupati - così da favorire l'adeguamento dinamico delle competenze e ii) soggetti in cerca di occupazione – al fine di adeguare l'offerta di lavoro alle caratteristiche tecniche dei processi. Da questo punto di vista, l'efficacia e la tempestività delle politiche attive risulta essere cruciale per favorire gli *effetti compensativi* che possono ridurre o eliminare i costi sociali della transizione tecnologica. La massimizzazione delle potenzialità economiche delle nuove tecnologie è di particolare rilevanza. Laddove l'aumentata efficienza (o il miglioramento qualitativo dei prodotti) determinasse un incremento della domanda altrettanto consistente, infatti, l'impulso alla produzione che si determinerebbe potrebbe compensare (o più che compensare) la distruzione di posti di lavoro indotta dall'innovazione di processo. Un ruolo di assoluto rilievo accanto alle politiche della formazione lo hanno quelle di welfare. Queste ultime sono cruciali non solo per quel che riguarda gli interventi tesi ad attenuare il costo sociale di pratiche di rinnovamento tecnologico dei processi, ma anche per accompagnare tali processi nel loro potenziale di creazione di maggior benessere in modo equo e sostenibile.



L'efficacia di uno schema di politiche attive e passive del lavoro orientato a minimizzare i costi sociali della transizione tecnologica ed a massimizzarne le opportunità richiede che le stesse politiche siano inserite in un più vasto set di **politiche macroeconomiche** ed **industriali**. Riguardo le prime, la diffusione delle nuove tecnologie è strettamente connessa alla disponibilità di adeguati flussi di domanda. Questi costituiscono un incentivo fondamentale per l'adozione di innovazioni poiché, incidendo positivamente sui ricavi attesi, riducono il costo-opportunità dei nuovi investimenti favorendone la realizzazione. I flussi di domanda, inoltre, sono rilevanti anche dal punto di vista della loro connotazione qualitativa. In particolare, l'orientamento della domanda verso settori o prodotti caratterizzati da elevata intensità tecnologica rappresenta un elemento importante per determinare tempi e dimensioni della diffusione delle innovazioni¹⁴. In questo senso, consumi ed investimenti pubblici selettivi possono rivelarsi una componente fondamentale di un piano di politica economica volto a massimizzare i benefici di Industria 4.0. Tali politiche, infine, possono favorire l'allargamento della platea di imprese incentivate ad innovare attenuando il rischio che la trasformazione tecnologica si traduca in una maggiore concentrazione dei mercati con conseguente aumento delle asimmetrie.

Le politiche industriali rappresentano lo strumento base per garantire rapidità e pervasività nella diffusione delle nuove tecnologie. L'articolazione di una politica industriale finalizzata alla massimizzazione dei benefici di Industria 4.0 dovrebbe procedere lungo due linee. La prima, relativa all'implementazione di uno schermo di incentivi fiscali – *politiche industriali di tipo orizzontale* – tesa a rendere meno onerosa l'adozione delle nuove tecnologie e a favorire un processo di selezione all'interno dei mercati. Riducendo il costo degli investimenti in nuove tecnologie, gli incentivi incidono sul processo decisionale delle imprese stimolando gli investimenti innovativi anche in organizzazioni dotate di minori risorse interne. Dall'altro lato, operando in modo orizzontale, gli incentivi possono supportare un processo di selezione virtuosa capace di accompagnare il consolidamento degli agenti caratterizzati dalle migliori prospettive di crescita economica e tecnologica.

La seconda linea concerne le politiche industriali di tipo *selettivo*. Come sostenuto da Mazzucato (2011)¹⁵, la diffusione pervasiva e la massimizzazione dei benefici derivanti dal cambiamento tecnologico non sono possibili in assenza di un ampio intervento pubblico. Ciò si rivela necessario in ragione dell'incertezza radicale che caratterizza molte delle nuove tecnologie da un punto di vista: economico – i.e. l'incertezza circa gli effetti economici che tenderebbe a disincentivare l'adozione da parte degli operatori privati; e temporale – i.e. l'incertezza circa i tempi necessari per l'adozione e la commercializzazione delle nuove tecnologie che può incidere negativamente sulla propensione del settore finanziario a supportare gli investimenti innovativi. Gli interventi di politica industriale di tipo selettivo dovrebbero assumere la forma di grandi progetti di investimento pubblici di durata pluriennale capaci di mobilitare le produzioni a più alta intensità tecnologica e investendo trasversalmente più

¹⁴ Il ruolo trasformativo e di stimolo alla diffusione delle innovazioni della domanda è stato largamente enfatizzato dall'economista italiano Luigi Pasinetti (1981).

¹⁵ Nei suoi contributi Mazzucato – si vedano, ad esempio, i recenti lavori realizzati nell'ambito del progetto europeo ISIGrowth (<http://www.isigrowth.eu/>) - ha mostrato come politiche industriali e investimenti pubblici selettivi in ambiti come l'ICT siano stati determinanti per lo sviluppo delle tecnologie su cui si basano prodotti quali gli smartphone e molte delle applicazioni che li caratterizzano.



settori – i.e. i cosiddetti progetti “mission-oriented” (Mazzucato, 2011). Tali politiche dovrebbero muovere in parallelo a **politiche della formazione** tese a generare le competenze necessarie sia nella fase di costruzione e affinamento delle tecnologie di base e sia in quella di adozione e sfruttamento delle tecnologie applicabili. Inoltre, politiche industriali di tipo selettivo sono essenziali per costruire l’impianto infrastrutturale utile a garantire la massima diffusione possibile delle opportunità tecnologiche¹⁶. L’insieme di queste politiche, infine, può rafforzare e garantire l’efficacia delle politiche macroeconomiche menzionate in precedenza (Mazzucato *et al.* 2015).

La combinazione di politiche della formazione ed industriali è di particolare rilevanza anche per quel che attiene alla qualità dell’occupazione ed alle condizioni di lavoro. Come posto in evidenza nel par. 4, l’incremento dell’efficienza nei processi produttivi può implicare l’intensificazione e/o la frammentazione delle operazioni all’interno degli stessi processi. Allo stesso modo, la maggiore fluidità nella gestione delle catene del valore determinata dalle tecnologie di Industria 4.0 può aumentare la pressione, in termini di intensificazione e/o frammentazione dei ritmi di produzione, sugli anelli più deboli delle catene – i.e. ad esempio, subfornitori che hanno nell’impresa che governa la relativa catena l’unico o il principale acquirente dei loro beni. Da questo punto di vista, l’implementazione di politiche industriali che favoriscano l’accesso alle nuove tecnologie ad un maggior numero di imprese riducendo il potere di mercato delle imprese leader può attenuare tale pressione. Politiche della formazione rivolte ai lavoratori e tese a diffondere competenze utili ad utilizzare in modo appropriato le nuove tecnologie ma anche a contribuire alle innovazioni organizzative che le stesse necessitano possono essere essenziali per ridurre gli effetti negativi sulle condizioni di lavoro.

Sfide importanti per la politica economica provengono, inoltre, dall’emergere dell’economia delle piattaforme. Come si è mostrato, le piattaforme possono determinare un’acuta frammentazione del lavoro e, in alcuni casi, un’accentuazione della precarietà lavorativa. L’assenza del riconoscimento dello status di lavoratore per i soggetti che prestano i propri servizi attraverso le *labour platform*, in aggiunta a ciò, minimizza la capacità contrattuale dei prestatori (De Stefano, 2016). In questo caso, l’obiettivo dell’intervento pubblico dovrebbe essere quello di garantire qualità dell’occupazione e condizioni di lavoro mediante regolamentazioni specifiche. Tali regolamentazioni possono assumere un’importanza centrale anche per quel che riguarda gli effetti di welfare dell’economia delle piattaforme. Lo status di “self-contractor” dei lavoratori delle piattaforme, infatti, implica l’assenza tutele sociali e previdenziali¹⁷. L’aumento dimensionale di queste occupazioni, quindi, può approfondire le criticità già esistenti legate alla scarsa copertura sociale e previdenziale di cui soffrono alcuni segmenti del mercato del lavoro. Interventi di regolamentazione specificamente diretti all’economia delle piattaforme dovrebbero concentrarsi su: i) status giuridico dei prestatori di servizi; ii) disciplina delle condizioni di lavoro iii) copertura sociale e previdenziale.

¹⁶ Questo elemento è di particolare importanza in contesti economici affetti da squilibri territoriali come l’Italia.

¹⁷ Come sottolineato nel par. 3, De Stefano (2016) pone in questione la legittimità giuridica dello status di self-contractor dei prestatori, da un lato; e di quello di semplici “intermediari” tra prestatore ed acquirente per i gestori delle piattaforme.



BIBLIOGRAFIA

- ARRIGHI G., *Il lungo XX secolo: Denaro, potere e l'origine dei nostri tempi*, Milano, Il Saggiatore, 2014
- AUTOR D., *Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation*, "The Journal of Economic Perspectives", n.3, 2015, pp. 3-30
- BERG J., *Income security in the on-demand economy. Findings and policy lessons from a survey of crowdworkers*, Geneve, ILO, 2016 (ILO Working paper - Conditions of Work and Employment Series, 74)
- BRYNJOLFSSON E., MCAFEE A., *The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*, New York, WW Norton & Company, 2014
- CALVINO F. E VIRGILLITO M. E., *The innovation employment nexus: a critical survey of theory and empirics*, "Journal of Economic Surveys", vol. 00, n.0, 2017, pp. 1-35
- CIRILLO V. E GUARASCIO D., *Jobs and competitiveness in a polarised Europe*, "Intereconomics", n.3, 2015, pp. 156-160
- DE STEFANO V., *The Rise of the 'Just-in-Time Workforce': On-Demand Work, Crowd Work and Labour Protection in the 'Gig-Economy'*, Geneve, ILO, 2016 (ILO Working paper - Conditions of Work and Employment Series, 71)
- DOSI G., *Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change*, "Research policy", n.3, 1982, pp. 147-162
- DOSI G., *Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation*, "Journal of economic literature", n.3, 1988, pp. 1120-1171
- FARRELL D., GREIG F., *Paychecks, Paydays, and the Online Platform Economy. Big Data on Income Volatility*, JPMorgan Chase & Co, 2016 <<http://goo.gl/SE3k9S>>
- FREEMAN C., LOUÇÃ F., *As time goes by: from the industrial revolutions to the information revolution*, Oxford, Oxford University Press, 2001
- FREY C.B., OSBORNE M.A., *The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?*, "Technological Forecasting and Social Change", n.114, 2017, pp. 254-280
- GARIBALDO F., *Industria 4.0.*, Fondazione Claudio Sabbatini e Associazione Punto Rosso, Mimeo, 2017
- LUCCHESI M., NASCIA L., PIANTA M., *Industrial policy and technology in Italy*, "Economia e Politica Industriale", n.3, 2016, pp. 233-260
- MAZZUCATO M., *The entrepreneurial state*, London, Demos, 2011
- MAZZUCATO M., CIMOLI M., DOSI G., STIGLITZ J.E., LANDESMANN M.A., PIANTA M., PAGE T., *Which industrial policy does Europe need?*, "Intereconomics- Review of European Economic Policy", n.3, 2015, pp. 120-155
- MEDA D., *The future of work: the meaning and value of work in Europe*, ILO, 2016 (ILO Research paper, 18)
- NOBLE D., *Social choice in machine design. The case of automatically controlled machine tools*, in McLOUGHLIN I., PREECE D., DAWSON P. (ed. by), *Technology, Organizations and Innovation. The early debates*, London-New York, Routledge, 1979
- O'CONNOR S., *When your boss is an algorithm*, "Financial Times", 7 September 2016 <<http://goo.gl/QXUcA7>>
- OECD, *Skills for a digital world*, Policy brief on the future of work, December 2016 <<http://goo.gl/FVGOOrQ>>
- PASINETTI L., *Structural change and economic growth*, Cambridge, Cambridge University Press, 1981



- PEREZ C., *Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems*, "Futures", n.5, 1983, pp. 357-375
- SACCHETTO D., GAMBINO F. (a cura di), *Nella fabbrica globale. Vite al lavoro e resistenze operaie nei laboratori della Foxconn*, Verona, Ombre Corte Edizioni, 2015
- SIMONAZZI A., GINZBURG A., E NOCELLA G., *Economic relations between Germany and southern Europe*, "Cambridge Journal of Economics", n.3, 2013, pp. 653-675
- SCHUMPETER J. A., *Capitalism, socialism and democracy*, Harper, New York, 1976, (1st edition 1942)
- STAGLIANÒ R., *Al posto tuo: così web e robot ci stanno rubando il lavoro*, Torino, Einaudi, 2016