

CAMBIAMENTO TECNOLOGICO E LAVORO.
GLI IMPATTI OCCUPAZIONALI DI INDUSTRIA 4.0

Jel Classification: J2, J5, O2

di *Giancarlo Corò, Dejan Pejcic*

Questo articolo analizza gli impatti occupazionali della diffusione delle tecnologie digitali di ultima generazione, con particolare attenzione alle applicazioni riferite ai sistemi *Industria 4.0*. L'idea che le tecnologie di automazione e le piattaforme digitali sostituiscano il lavoro è tanto intuitiva quanto sbagliata. In realtà, non è la domanda di lavoro a essere carente, quanto la capacità dell'offerta di adattarsi ai cambiamenti tecnologici e affrontare le trasformazioni organizzative e gli squilibri sociali che tali cambiamenti comportano. L'articolo prende innanzitutto in considerazione la letteratura recente che ha indagato il rapporto fra innovazione tecnologica e lavoro, discutendo poi i risultati di una ricerca originale svolta su un esteso campione di imprese venete, volta a misurare gli impatti occupazionali della diffusione delle tecnologie *Industria 4.0*. I risultati mostrano come le imprese che adottano tali tecnologie esprimono una più alta domanda di lavoro, spiegando il 75% degli incrementi occupazionali avvenuti nel periodo.

Parole chiave: *Tecnologie digitali, Industria 4.0, trasformazione del lavoro*

TECHNOLOGICAL CHANGE AND LABOUR.
THE EMPLOYMENT IMPACT OF *INDUSTRY 4.0*

This article analyses the employment impacts of the latest generation of digital technologies, with attention to the applications referred to the *Industry 4.0*. The idea that automation technologies and digital platforms replace work is as intuitive as it is wrong. Indeed, it is not the demand for work to be lacking, but the labour supply capacity to adapt to technological changes and to face the organizational transformations and social imbalances that these changes entail. First of all, we review the recent literature that has investigated the relationship between technological innovation and labour, then we discuss the results of an original research carried out on a large sample of Venetian companies. The aim of the research is the understanding of the employment impacts of *Industry 4.0* technologies. The results show the companies that adopt these technologies express a higher demand for jobs, explaining 75% of the employment increases that occurred during the period.

Key words: *Digital Technology, Industry 4.0, Labour Transformation*

1. *Industria 4.0* e occupazione: una rassegna

Negli ultimi anni il dibattito su innovazione e tecnologie digitali in Italia si è in realtà sovrapposto a quello riguardante *Industria 4.0* (*I4.0*). Al punto che la terminologia è stata ripresa anche a livello istituzionale con la legge 232/2016. Sebbene il significato di *I4.0* comporti, per definizione, una rilevante componente tecnologica, sarebbe sbagliato sottovalutare i molti aspetti organizzativi e culturali che ne condizionano la diffusione nelle imprese. In questo paragrafo si cercherà allora di richiamare alcune considerazioni utili a inquadrare il significato di *I4.0* all'interno del più ampio dibattito sugli effetti dell'innovazione e del cambiamento tecnologico. Si tratta di due facce della stessa medaglia, che devono dunque essere esaminate insieme.

Il termine "Industria 4.0" non ha una definizione univoca e si presta a diverse interpretazioni. In letteratura l'espressione è stata associata a uno sviluppo delle tecnologie digitali e viene spesso equiparata ad una nuova generazione dell'Ict (Ciriani, Perin, 2015). Alcuni autori definiscono invece *I4.0* come un nuovo modello di organizzazione e gestione della catena del valore che porta a ripensare il ciclo di vita dei prodotti (Kagermann *et al.*, 2013), oppure come un insieme di tecnologie che spinge la riorganizzazione dei sistemi produttivi in senso ampio (Hermann, Pentek, Otto, 2016). Altri autori, invece, spostano il focus dalla catena del valore ad aspetti più strettamente legati alla produzione, parlando di fabbriche intelligenti e spazi o sistemi cyber-fisici. Le fabbriche intelligenti sono definite come soluzioni produttive che favoriscono processi flessibili e adattivi per risolvere i problemi derivanti da una crescente complessità di mercato (Radziwon *et al.*, 2014). I sistemi cyber-fisici possono invece essere intesi come spazi produttivi caratterizzati da azioni autonome e indipendenti dall'ubicazione fisica, fortemente integrati e in grado di adattarsi in modo flessibile alle esigenze e richieste dei clienti e in generale del contesto produttivo (Lasi *et al.*, 2014)¹.

Queste e altre definizioni di *I4.0*, che possono risultare ancora piuttosto vaghe e indeterminate, hanno tuttavia alcuni caratteri comuni. Innanzitutto c'è sicuramente il fattore dell'automazione del lavoro e dei processi produttivi. Non a caso la discussione su *I4.0* scivola spesso sul futuro del lavoro e delle occupazioni che rischiano di essere sostituite da macchine più o meno intelligenti. Uno dei lavori più noti che ha cercato di quantificare

¹ Per una discussione più approfondita su di *I4.0* si rinvia a Liao *et al.* (2017); Lu (2017); Kang *et al.* (2016).

la quota dei lavori a rischio di sostituzione delle tecnologie digitali (*computerization*) è quello di Frey, Osborne (2017). Attraverso una complessa analisi di classificazione delle mansioni lavorative e dei livelli di istruzione richiesti per eseguirle, gli autori stimano che il 47% delle occupazioni attualmente svolte dai lavoratori americani è a rischio automazione, anche se solo una minima parte di queste riguarderebbe una sostituzione totale delle macchine. La maggior parte delle attuali occupazioni sono suscettibili di sostituzione solo parziale, che tuttavia colpirebbe soprattutto le figure con più bassi livelli di istruzione, dunque anche con minori capacità di adattarsi al nuovo ambiente lavorativo.

Altre stime sono più contenute, indicando in circa il 9% la quota dei posti di lavoro che nei Paesi G20 sarebbero soggetti ad automazione (Arntz, Gregory, Zierahn, 2016). Uno studio del World Economic Forum, poi, stima che tra il 2015 e il 2010 circa 5 milioni di posti di lavoro nei 13 Paesi più industrializzati al mondo verranno persi, indicando tra le cause principali l'automazione del lavoro (Wef, 2016). Acemoglu, Restrepo (2017), infine, stimano che l'introduzione di un nuovo robot industriale ogni mille lavoratori porti una diminuzione del tasso di occupazione compresa fra 0,18% e 0,34%, e una diminuzione dei salari da 0,25% a 0,50%.

La diversità delle conclusioni evidenzia la difficoltà nell'impostare modelli predittivi sugli impatti delle nuove tecnologie che, com'è storicamente avvenuto, producono un insieme di processi di apprendimento sociale che a loro volta modificano lo scenario di riferimento. Tutti questi studi analizzano, infatti, lavori e mansioni presenti oggi, e ipotizzano gli sviluppi futuri delle frontiere tecnologiche. Tuttavia, nella misura in cui l'innovazione accresce la produttività dell'economia, crea anche nuove possibilità in ambiti oggi difficilmente prevedibili. Perciò, bisogna considerare che la distruzione di lavori dovuta alla tecnologia si accompagna alla creazione di nuove occupazioni che ne riducono, di fatto, l'impatto negativo sull'occupazione.

L'impossibilità di prevedere la nascita delle nuove mansioni e le traiettorie effettive delle tecnologie rende difficile attribuire un giudizio di valore ai diversi studi, se non dal punto di vista statistico e metodologico. La questione diventa ancora più complessa se si tiene presente che al momento non ci sono evidenze di una decrescita dell'occupazione a lungo termine causata dalle tecnologie, nemmeno quando si fa riferimento a quelle digitali (Bessen, 2016). Secondo Ruchir Sharma (2017), nelle economie più sviluppate, dove le tecnologie di automazione sono più diffuse, il tasso di disoccupazione medio non è mai stato così basso negli ultimi 40 anni. A questo risultato, secondo Sharma, concorrono anche tendenze demografiche che stanno contraendo la fascia di popolazione in età lavorativa, ab-

bassando dunque il denominatore del tasso di occupazione. Tuttavia, la tenuta dell'occupazione può apparire sorprendente se pensiamo al fatto che i tassi di crescita dell'economia sono oggi sensibilmente inferiori a quella sperimentati in passato.

2. Tecnologia e polarizzazione nel mercato del lavoro

Gli effetti del cambiamento tecnologico sul mercato del lavoro possono essere principalmente di due tipi: di compensazione e di sostituzione (Sabadash, 2013). Il primo si traduce in un incremento dell'occupazione perché a una prima fase in cui la tecnologia viene utilizzata come sostituto del lavoro segue una fase successiva in cui ne aumenta la produttività. Di conseguenza, diminuiscono i prezzi del prodotto finale e si generano aumenti nei consumi, da cui derivano stimoli alla produzione e una spinta alla domanda di lavoro da parte delle imprese. L'effetto di sostituzione, invece, agisce secondo una logica di competenze: i lavori di *routine*, siano essi manuali o cognitivi, possono essere automatizzati, mentre i lavori non di *routine*, che quindi richiedono competenze qualificate e capacità di adattamento, necessitano di un alto tasso di capitale umano e sono complementari all'adozione delle tecnologie.

Oltre agli impatti quantitativi delle nuove tecnologie sull'occupazione, il secondo grande tema che emerge nella discussione è quello della polarizzazione nel mercato del lavoro e il pericolo della disuguaglianza portato dallo sviluppo delle tecnologie digitali. L'attuale fenomeno della polarizzazione del lavoro e dei salari non è certamente una novità ed è già stato ampiamente discusso e analizzato in letteratura (Acemoglu, Autor, 2011; Autor, Dorn, 2013). Una buona parte degli studi che lo analizzano in relazione agli sviluppi tecnologici giunge alla conclusione che si tratta di un *trend* destinato ad accentuarsi nei prossimi anni. Eloquenti in questo caso le parole di Brynjolfsson, McAfee (2014): «non c'è mai stato un momento migliore per avere le giuste competenze digitali, né un momento peggiore per non averle».

La polarizzazione nel mercato del lavoro è stata messa in luce anche da Stefano Scarpetta dell'Oecd, che ha mostrato come la diffusione delle tecnologie digitali abbia portato un crescente divario di *performance* fra imprese ~~sia~~ nella manifattura, ma ancor più nei servizi. Dal 2001 al 2013 le imprese collocate sulla frontiera tecnologica hanno visto una crescita della produttività superiore del 50% a quelle rimaste indietro (Scarpetta, 2017). Allo stesso modo, la leggera crescita dei livelli complessivi di occupazione è il risultato di dinamiche molto diverse tra i diversi livelli di competenza nel mercato del lavoro. Negli ultimi due decenni si è infatti ridotta la quota

delle occupazioni classificate *medium skilled* (fascia che ha perso nove punti percentuali nella media Oecd), mentre sono aumentate le quote sia dei lavoratori *high skilled*, sia di quelli meno qualificati. Tale fenomeno risulta accentuato proprio in Italia, dove sono cresciuti più della media ~~Oe-~~
~~se~~ Oecd i lavori meno qualificati. Un altro aspetto rilevato da Scarpetta è l'esclusione di una crescente fascia di lavoratori autonomi dai benefici del *welfare* anche all'interno dell'Unione Europea: il 55% dei lavoratori *self-employed* sarebbe infatti escluso dai sussidi di disoccupazione e quasi il 40% non riceve coperture in caso di malattia, mentre nel 46% delle lavoratrici autonome corre il rischio di non poter godere di benefici in caso di maternità. È evidente come queste condizioni aumentino il senso di incertezza e precarietà vissuto oggi da molti lavoratori.

Una stima della crescente disuguaglianza nel mercato del lavoro è proposta anche da Gordon (2016), che calcola una crescita del reddito *mediano* al di sotto di quello *medio* dello 0,4% fino al 2040. Essendo il reddito medio trascinato verso l'alto dai redditi maggiori, la differenza con la mediana (valore che divide il 50% inferiore da quello superiore della popolazione considerata) indica un aumento delle disuguaglianze. Uno sviluppo di questo tipo porta inevitabilmente alla contrazione della classe media e a crescenti squilibri sociali (Cowen, 2013).

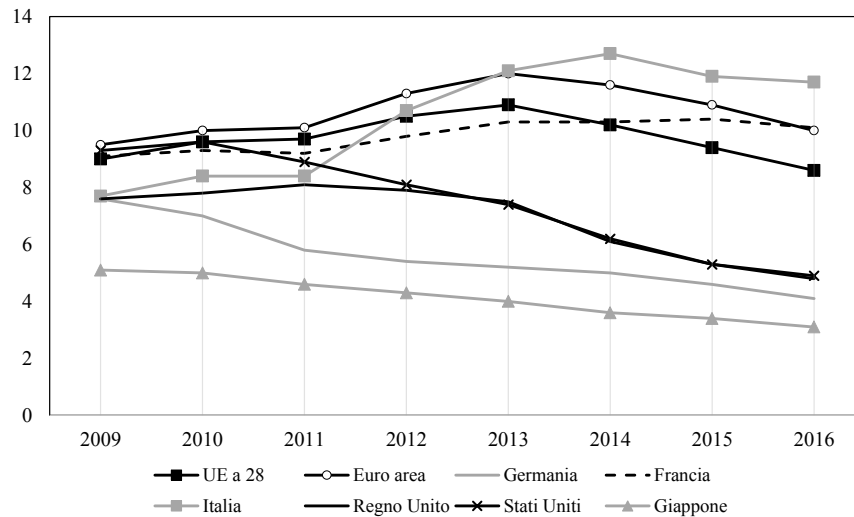
Non tutti sono comunque concordi nell'attribuire alle nuove tecnologie digitali la responsabilità di questi processi. Alcuni autori indicano come cause dell'aumento della polarizzazione le tendenze macroeconomiche più che i cambiamenti di natura tecnologica (Jaimovich, Siu, 2012; Autor, 2014). In ogni caso, un aspetto su cui le opinioni tendono a convergere è quello che riguarda la formazione. Investimenti in formazione e capitale umano vengono indicati pressoché da tutti gli studiosi come fattori decisivi sia per l'aumento della produttività, sia per un modello di sviluppo inclusivo dei lavoratori, dove sia possibile accrescere e valorizzare il bagaglio di competenze personali (Autor, 2015; Bessen, 2015).

Il tema, quindi, va trattato da un duplice punto di vista. Da una parte l'automazione del lavoro in senso stretto e, dall'altra, gli effetti sull'organizzazione, le remunerazioni e la qualità dei lavori meno suscettibili di essere automatizzati.

3. Dinamiche occupazionali

Considerato il contesto tecnologico appena descritto, è ora utile analizzare le recenti dinamiche dell'occupazione. In grafico 1 è rappresentato il tasso di disoccupazione per alcuni Paesi.

Graf. 1 – Tasso di disoccupazione per Paesi scelti

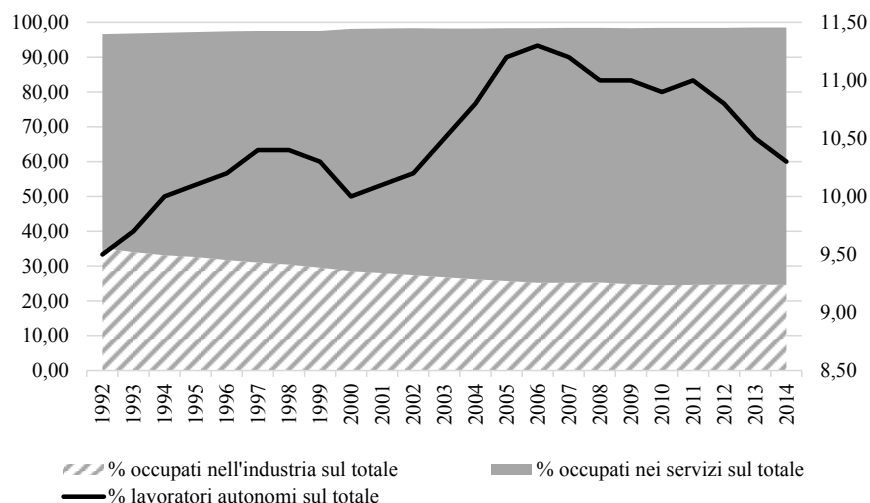


Fonte: Eurostat

Si può notare come alcuni tra i Paesi a più elevato sviluppo tecnologico – come Germania, Giappone e Stati Uniti – registrino negli ultimi anni una costante diminuzione del tasso di disoccupazione. Questi Paesi, tra i principali produttori e, allo stesso tempo, utilizzatori di sistemi di automazione industriale, dovrebbero essere anche quelli potenzialmente più soggetti alla perdita di posti di lavoro (Mgi, 2017). Nonostante politiche piuttosto aggressive per incentivare la diffusione delle nuove tecnologie di automazione – come il piano “Industrie 4.0” in Germania e quello “Manufacturing Usa” negli Stati Uniti – non c’è alcun segno di aumento del tasso di disoccupazione in questi Paesi.

Prendendo come esempio chiave la Germania, Paese leader in Europa sia per le *performance* economiche, sia come investimenti e utilizzo delle tecnologie di ultima generazione, è interessante notare come stia cambiando la composizione degli occupati (graf. 2). Si osserva uno spostamento della forza lavoro dall’industria ai servizi, con un aumento dei lavoratori autonomi.

Graf. 2 – Composizione dell'occupazione in Germania (lavoratori autonomi sull'asse secondario)



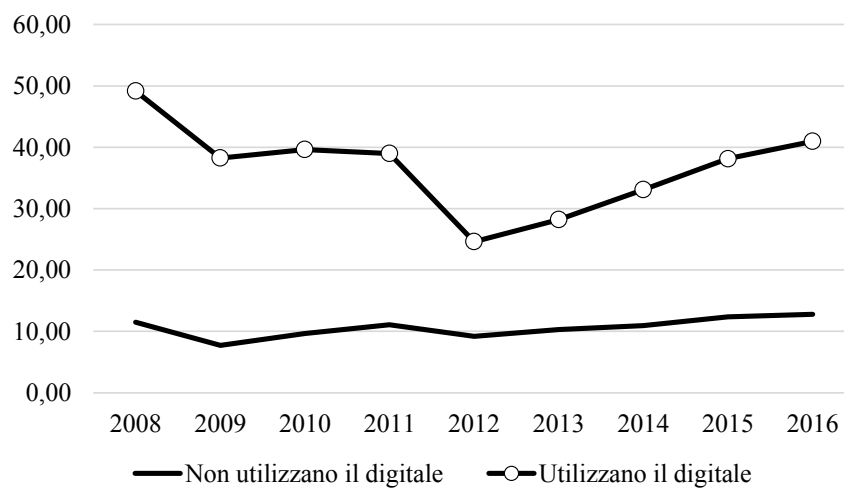
Fonte: Eurostat

Focalizzando ora l'attenzione al Veneto, possiamo analizzare alcuni dati specifici sul legame fra adozione delle tecnologie digitali di ultima generazione e dinamiche occupazionali. In grafico 3 sono rappresentati i flussi in entrata² per un campione di aziende manifatturiere venete, distinte tra quelle che utilizzano determinate tecnologie digitali e quelle che non lo fanno³. Assumendo le definizioni più accreditate di *I4.0*, sono state prese in considerazione le seguenti tecnologie: robotica, *industrial internet of things*, stampa 3D, *software* di progettazione e simulazione 3D, realtà aumentata, realtà virtuale, *cloud computing*. Viene definita *digital user* l'impresa che dichiara di adottare almeno due delle tecnologie sopra richiamate.

² Un flusso in entrata corrisponde alla singola assunzione registrata. I dati sui flussi provengono da Veneto Lavoro, Osservatorio regionale sul mercato del lavoro.

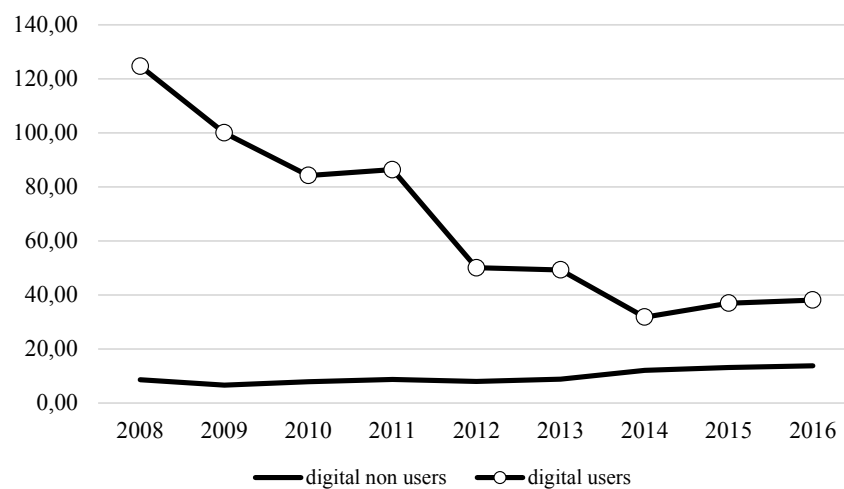
³ Si tratta di dati provenienti dall'Indagine congiunturale di Unioncamere Veneto. In specifico relativi ad un approfondimento condotto con l'Università Ca' Foscari Venezia e il progetto *Makers*.

Graf. 3 – Flussi di occupazione in entrata nel campione di imprese venete



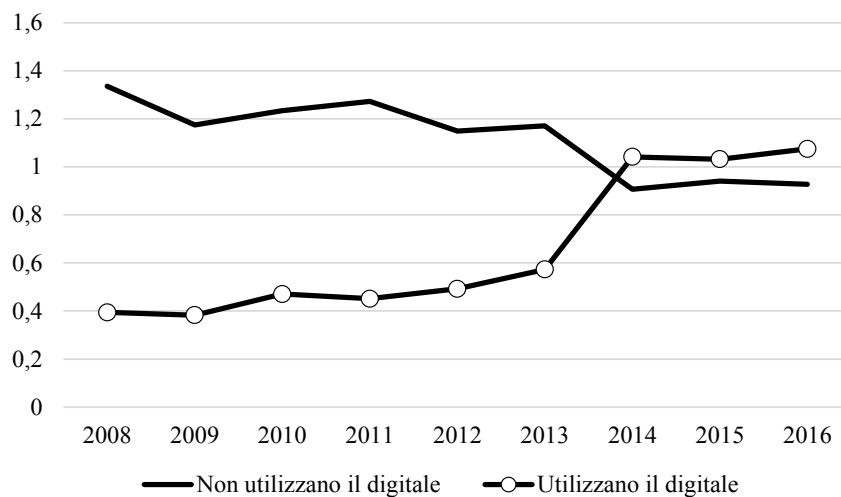
Fonte: Indagine Unioncamere, Ca' Foscari (2017)

Graf. 4 – Flussi di occupazione in uscita nel campione di imprese venete



Fonte: Indagine Unioncamere, Ca' Foscari

Graf. 5 – Rapporto tra flussi in entrata e in uscita nel campione di imprese venete



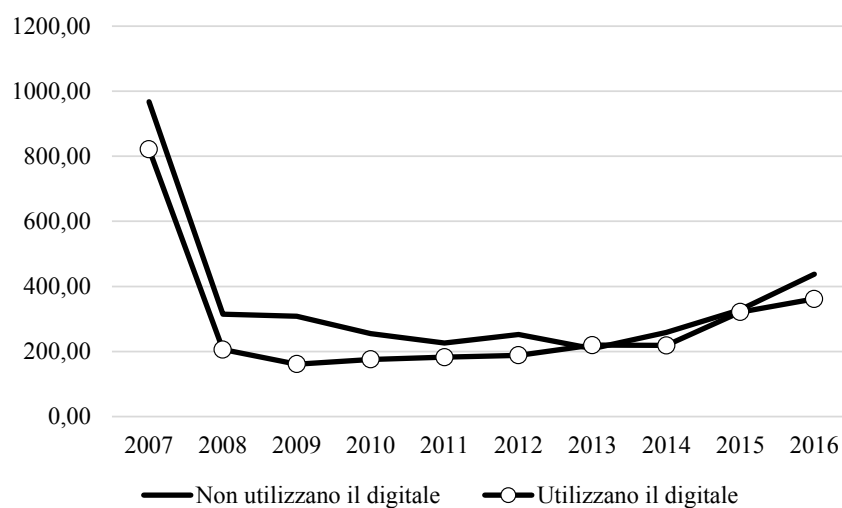
Fonte: Indagine Unioncamere, Ca' Foscari

Si può facilmente notare come le imprese che appartengono al gruppo *digital user* tendano ad assumere di più rispetto a quelle che non hanno ancora adottato tecnologie *I4.0*. Dal 2012 in poi, inoltre, la differenza tra i due gruppi è progressivamente aumentata.

Interessante è segnalare come anche i flussi in uscita siano stati nettamente più alti per le imprese utilizzatrici del digitale (graf. 4), sebbene il divario si sia ridotto negli ultimi anni. Osservando poi il rapporto tra i flussi in entrata e i flussi in uscita (graf. 5), si nota un'inversione di tendenza nel 2014, quando le imprese che utilizzano le tecnologie digitali mostrano un saldo occupazionale positivo (rapporto fra entrate e uscite superiore a 1). Al contrario, le imprese non utilizzatrici scendono sotto questa soglia, espellendo perciò più occupati di quanti non ne assumano.

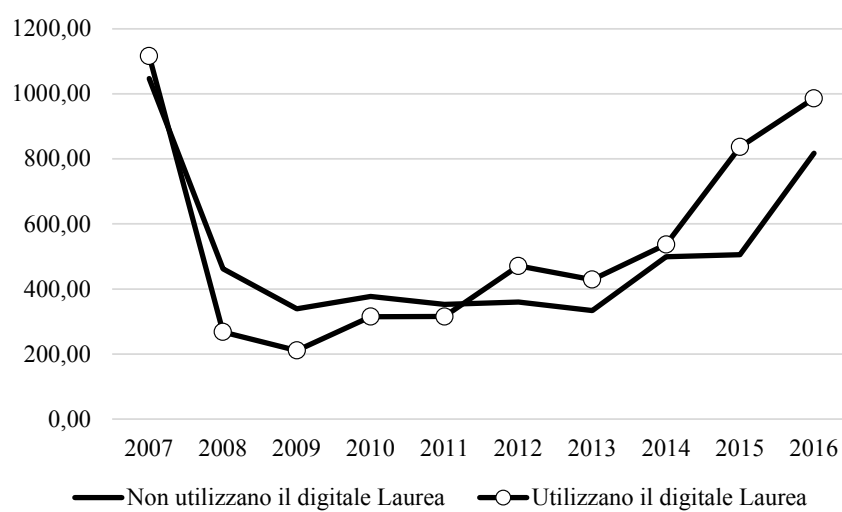
Osservando, infine, la durata media delle assunzioni emerge come le imprese che utilizzano le tecnologie assumano in media per un tempo minore (graf. 6). Investigando solamente la durata delle assunzioni per i laureati, la tendenza si inverte (graf. 7).

Graf. 6 – Durata media assunzioni nel campione di imprese venete



Fonte: Indagine Unioncamere, Ca' Foscari

Graf. 7 – Durata media assunzioni per i laureati nel campione di imprese venete



Fonte: Indagine Unioncamere-Ca' Foscari

4. *Mismatch*, servitizzazione, squilibri

Dalle analisi sugli impatti occupazionali delle tecnologie digitali fin qui considerate emergono tre principali tendenze che riguardano le economie avanzate. La prima tendenza concerne il tasso di disoccupazione che, anche a causa di condizioni demografiche che limitano l'offerta nel mercato del lavoro, non sembra affatto mostrare segnali di peggioramento. Anzi, proprio nei Paesi più avanti sulla frontiera tecnologica, la domanda di lavoro non si è affatto ridotta, incontrando semmai una carenza di figure professionali in grado di gestire la crescente complessità dei nuovi sistemi produttivi e di consumo guidati dalle tecnologie digitali. Secondo Scarpetta (2017), la carenza di adeguate competenze digitali riguarda nei Paesi **Oese** Oecd la metà circa dei lavoratori, mentre il 15% manca addirittura della conoscenza di base nell'uso dei computer.

La seconda tendenza, in atto da tempo, riguarda la riduzione di mansioni ripetitive o codificabili, più facilmente sostituibili dall'automazione, e la crescita di attività intangibili e di relazione. Questa tendenza supera i tradizionali processi di transizione dall'industria ai servizi, poiché coinvolge trasversalmente tutti gli ambiti lavorativi, mettendo semmai in discussione la distinzione stessa fra industria e servizi e modificando i modelli di *business* di numerose attività tradizionali. Anche se i *robot* hanno evidentemente maggior impiego all'interno delle fabbriche e nel sostituire lavori pesanti e pericolosi, compresi quelli militari, la nuova ondata dell'automazione digitale sta in realtà travolgendo anche i servizi, in particolare quelli che seguono procedure standard, come in alcune attività amministrative o bancarie, o che portano alla disintermediazione fra domanda e offerta, come nei viaggi e nel turismo, nel commercio, fino al giornalismo. Inoltre, attraverso lo sviluppo di nuove piattaforme digitali sono emersi processi di "servitizzazione" nell'industria alberghiera (*Airbnb*) come nell'*automotive* (*car sharing*), trasformando insieme alle forme di consumo anche l'organizzazione sottostante del lavoro. Anche in questo caso, dunque, l'innovazione tecnologica distrugge e, allo stesso tempo, crea lavori, mostrando una relazione tutt'altro che lineare, in particolare se consideriamo che i settori nei quali le nuove tecnologie entrano più pesantemente sono anche quelli più dinamici.

La terza tendenza, che consegue alle due precedenti, indica l'accentuazione dei processi di polarizzazione nel mercato del lavoro, che sta portando a una preoccupante crescita delle disuguaglianze nei redditi e, più in generale, nelle condizioni di vita delle persone. Queste disuguaglianze hanno risvolti economici, sociali e anche territoriali. L'innovazione digitale può infatti portare vantaggi a chi ha buone dotazioni di capitale

umano e ha strumenti tecnici e capacità relazionali per entrare nelle nuove reti di produzione e consumo. Tuttavia, la rapidità dell'innovazione digitale taglia fuori fasce consistenti di popolazione, precarizzando figure professionali – dai taxisti ai bancari, dai medici ai giornalisti – che fino a un decennio fa sembravano poco soggette al rischio tecnologico.

L'effetto polarizzazione ha anche un risvolto territoriale. L'innovazione digitale mostra infatti una tendenza alla concentrazione in precise aree o città metropolitane che presentano più elevate dotazioni di capitale umano e di infrastrutture di collegamento alle reti globali, generando un processo cumulativo che ha portato alla crescita di pesanti squilibri territoriali all'interno dei Paesi (Buciuni e Corò, 2017; Rodriguez-Pose, 2018).

5. Trasformazione, più che sostituzione, del lavoro

I maggiori timori sull'impatto occupazionale delle tecnologie non dovrebbero, perciò, riguardare la quantità di lavoro, ma le sue trasformazioni. Non ci sono infatti evidenze a sostegno delle ipotesi pessimistiche sull'occupazione. Ciò riguarda anche il Veneto, dove recenti ricerche hanno documentato che le imprese che adottano tecnologie *I4.0* sono anche quelle che registrano maggiori crescite occupazionali (Corò, Volpe, Pejčić, 2017). Nel campione analizzato, il 75% dei nuovi posti di lavoro è stato creato dalle imprese che dichiarano di utilizzare tecnologie digitali di ultima generazione. Tra queste ci sono anche robotica, stampa 3D e Internet delle cose, tutte tecnologie che di norma vengono applicate nell'automazione dei processi e potenzialmente sono dei sostituti del lavoro umano. In sistemi dominati da imprese di piccole e medie dimensioni l'innovazione tecnologica può essere un forte *driver* di crescita. Quello che insegna la ricerca sul campo è che l'adozione delle tecnologie migliora l'efficienza aziendale, portandola ad essere più competitiva, anche a livello internazionale, e a crescere nel tempo. Questo si traduce, in ultima istanza, anche in una crescita del personale impiegato.

L'innovazione digitale crea tuttavia rilevanti impatti sull'organizzazione del lavoro, sia attraverso un'accelerazione della transizione dall'industria ai servizi, sia come cambiamento delle mansioni lavorative. La prima transizione è già in atto da tempo, ma è oggi accelerata per l'effetto congiunto di automazione, costo e qualità del lavoro. La trasformazione delle mansioni del lavoro, insieme alla creazione di nuove tipologie di lavori, è sicuramente il tema più delicato. Come evidenziano le ricerche richiamate in precedenza, le tecnologie digitali di ultima generazione richiedono competenze molto specifiche: dalla programmazione di sistemi di automazione integrata, alla gestione e controllo della sensoristi-

ca distribuita, al trattamento di *big data*, ecc. Di conseguenza, con lo sviluppo delle tecnologie è necessario anche uno sviluppo e adattamento analogo delle capacità della forza lavoro.

Sempre più spesso vengono automatizzati, del tutto o in parte, anche lavori e mansioni cognitive: i *chatbot* sostituiscono gli operatori dei *call center*, gli sportelli automatici quelli delle banche, gli algoritmi per la guida autonoma i tassisti e così via. Queste soluzioni, però, funzionano fintantoché si opera in situazioni prevedibili e conosciute. L'intelligenza artificiale, per quanto possa seguire processi di auto-apprendimento, al momento non riesce a gestire situazioni nuove, sconosciute e impreviste. O meglio, può farlo cercando di individuare elementi conosciuti e ricondurle a schemi già assimilati, il che può portare a semplificazioni ed errori. È proprio in questi contesti che l'intelligenza umana dispone di un forte vantaggio competitivo. L'abilità di adeguarsi e gestire accadimenti inusuali, l'empatia, la comunicazione, saper ragionare fuori dagli schemi e avere la giusta intuizione al momento giusto sono elementi ancora molto lontani dalle capacità delle macchine. La chiave del lavoro futuro va cercata proprio nella combinazione di questi elementi con le possibilità offerte dalle tecnologie. Dopotutto, le tecnologie sono riproducibili ovunque, le individualità no.

Bisogna sottolineare, tuttavia, come la sostituzione del lavoro umano con la tecnologia non sia un processo meramente tecnico. Non è sufficiente che ci sia la possibilità tecnica per automatizzare una mansione o una lavorazione. È importante anche il fattore costo-opportunità. Oltre alla fattibilità tecnica è necessario tenere in considerazione il costo della produzione della tecnologia, il costo di implementazione e settaggio (che può variare nel tempo in base agli interventi necessari per adattare la macchina alle esigenze di lavorazione), quello di manutenzione, l'eventuale costo del personale che seguirà il funzionamento e così via. Questo chiaramente va confrontato con i costi e benefici di impiegare il lavoro umano. Va da sé che in questo modo si possono avere anche soluzioni intermedie. Non si tratta di scegliere se impiegare la tecnologia o le persone, ma il giusto mix tra le due cose.

6. Crescita delle disuguaglianze e transizione demografica

Il pericolo reale è che le trasformazioni del lavoro portino una crescita delle disuguaglianze. Non è scontato che tutti i lavoratori abbiano le competenze tecniche, le attitudini e le *soft-skills* necessarie per adattarsi al cambiamento tecnologico. Il problema non sono solo le abilità di partenza, ma anche la capacità di seguire il rapido sviluppo delle nuove tecnologie. Per non subire le innovazioni, ma essere in grado di gestire in modo attivo

il cambiamento tecnologico, sono tuttavia necessarie conoscenze di base che solo elevati livelli di istruzione riescono a fornire. Come del resto abbiamo mostrato in precedenti ricerche (Corò, Pejcic, Volpe 2017), la variabile che più spiega l'adozione delle tecnologie *I4.0* nelle imprese è la presenza di laureati. Tema, tuttavia, che vede l'Italia molto indietro rispetto agli altri Paesi avanzati e che rimane ancora sottovalutato nelle politiche per l'innovazione.

La carenza di figure adeguate accentua il rischio di polarizzazione, in quanto nel mercato del lavoro si possono creare due gruppi ben distinti: da ~~un lato~~ una parte, un ristretto gruppo di lavoratori con competenze elevate, molto richiesti dalle imprese e perciò in grado di trarre il massimo vantaggio dalle nuove tecnologie; dall'altra parte, una vasta platea di lavoratori senza adeguate competenze digitali. I primi sarebbero di fatto i vincitori della trasformazione digitale, con alti livelli di produttività e di conseguenza alti salari. I secondi, invece, sarebbero destinati a mansioni che non richiedono competenze particolari, trovandosi così soggetti all'arbitraggio nel mercato del lavoro. In altre parole, lavori di scarsa qualità e bassi salari. Un sistema economico basato su una simile dicotomia è difficilmente sostenibile.

Un'ulteriore dinamica che merita di essere considerata nella discussione è quella demografica. Secondo le stime delle Nazioni Unite una buona parte dei Paesi sviluppati registrerà nei prossimi 80 anni una diminuzione della popolazione (United Nations, 2015). Tra questi Germania, Italia e Giappone (quest'ultimo, a causa della scarsa immigrazione, con una diminuzione prevista del 35%). Altri Paesi come Stati Uniti, Francia e Regno Unito dovrebbero registrare un incremento, sostenuto anche da flussi migratori positivi. Le stime Onu prevedono che nei Paesi ad alto reddito le immigrazioni contribuiranno per l'82% della crescita totale della popolazione. Da questo consegue anche un aumento dell'età media nei Paesi sviluppati, diminuzione della popolazione in età lavorativa e aumento dei carichi sociali.

In prospettiva, quindi, l'automazione può essere uno strumento valido per fronteggiare la mancanza di lavoratori e aumentare la produttività di quelli presenti. Bisogna tuttavia tener presente due aspetti collegati alla transizione demografica. Il primo è la crescita della domanda per le attività legate alle cure e ai servizi per la persona. Tutti lavori difficilmente automatizzabili, che manterranno perciò un'elevata intensità di lavoro, sia pure con tutte i rischi legati alla loro qualità, regolazione e remunerazione. Il secondo aspetto è che una società che invecchia, tende a essere più conservatrice, più avversa al rischio e meno disponibile a generare percorsi di imprenditorialità diffusa.

7. Verso nuove politiche del lavoro

Per affrontare queste trasformazioni serve un intervento pubblico adeguato. Intervento, tuttavia, che non può essere esclusivamente di tipo compensativo. Misure redistributive sono necessarie in situazioni in cui ci siano difficoltà particolari o cause che impediscono la partecipazione al mercato del lavoro. In ogni caso, devono essere misure limitate nel tempo. Lo sforzo pubblico, invece, dovrebbe concentrarsi su formazione e sistema educativo per rendere possibile alle persone costruire le basi conoscitive per adeguarsi ai cambiamenti tecnologici.

Le competenze e la qualità del capitale umano sono l'unico modo per non perdere quella che Brynjolfsson, McAfee (2011) hanno definito "la corsa contro le macchine". Nel lungo periodo è la capacità creativa e di adattamento a fare la differenza, poiché le conoscenze tecniche, per quanto importanti, possono mutare molto velocemente. Questa capacità va insegnata e costruita negli anni con lungimiranza.

Oltre a migliorare la qualità del capitale umano, l'intervento pubblico deve anche puntare a creare un ecosistema favorevole all'innovazione e allo sviluppo delle tecnologie digitali. La direzione presa con la legge 232/2016 (c.d. "Piano Industria 4.0") è incoraggiante. Manca ancora, tuttavia, una integrazione con la formazione. L'adozione delle tecnologie dovrebbe essere legata anche all'effettiva capacità dell'azienda di utilizzarle in modo adeguato. Questo può avvenire o con competenze specifiche già presenti all'interno dell'impresa, o con assunzione di personale idoneo.

Sarebbe auspicabile, poi, un'attenzione particolare anche alla regolamentazione di alcuni aspetti specifici legati al mondo del digitale. Da una parte ci riferiamo ad aspetti più trasversali, come per esempio la raccolta e gestione dei dati. La gestione di questi ultimi rappresenta uno dei punti cruciali di *I4.0*. Deve essere favorita la libera circolazione delle informazioni ma, allo stesso tempo, deve essere assicurata la protezione sia a livello aziendale (*cyber-security*) sia personale, per garantire la riservatezza e il diritto alla *privacy*.

Un secondo aspetto è relativo a particolari forme di mercato abilitate dalle piattaforme digitali della *sharing economy*. I servizi come Uber e Airbnb, giusto per citare i più noti, pongono problematiche nuove che necessariamente devono essere regolate senza, però, ostacolare lo sviluppo di modelli di *business* innovativi. Chiaramente servizi del genere mettono in discussione modelli tradizionali, pongono difficili questioni anche di efficacia e di equità fiscale, oltre che di stabilità e qualità del lavoro. Allo stesso tempo, però, i nuovi servizi portano benefici per il consumatore, alimentando una nuova domanda e nuovi cicli di sviluppo. Una regolamenta-

zione eccessiva per limitare o addirittura vietare lo sviluppo di nuovi modelli di *business* collegati alle tecnologie digitali risulterebbe, alla fine, negativa per la crescita economica. Tale politica frenerebbe la creazione di nuovi lavori e priverebbe l'economia di risorse necessarie a garantire i lavori tradizionali. Una buona politica del lavoro deve cercare di governare l'innovazione, non opporsi a essa.

Bibliografia

- Acemoglu, D., & Autor, D. (2011). "Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings." In: Ashenfelter O., & Card D., (Eds). *Handbook of Labor Economics*, vol. 4, Part B, pp. 1043-1171. Amsterdam: Elsevier.
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2017). *Robots and Jobs: Evidence from US labor markets*. National Bureau of Economic Research (NBER) WP n. 23285 March, doi: 10.3386/w23285.
- Arntz, M., Gregory T., and U. Zierahn U. (2016). "The Risk of Automation for Jobs in Oecd Countries: A Comparative Analysis". In: *Oecd Social, Employment and Migration WP*, n. 189. Paris: Oecd Publishing, doi: org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en.
- Autor, D. (2014). "Polanyi's Paradox and the Shape of Employment Growth". *MIT, NBER & JPAL, September 3*. National Bureau of Economic Research (NBER) WP n. 20485, September, doi: 10.3386/w20485.
- Autor, D. (2015). "Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation". *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 29; No. (3), Summer 2015, pp. 3-30, doi: 10.1257/jep.29.3.3.
- Autor, D. & Dorn, D. (2013). "The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the U.S. Labor Market". *American Economic Review*, 103(5): pp. 1553-1597, doi: 10.1257/aer.103.5.1553.
- Bessen, J. (2015). *Learning by Doing - The Real Connection between Innovation, Wages, and Wealth*. New Haven: Yale University Press.
- Bessen, J. (2016). "How Computer Automation Affects Occupations: Technology, Jobs, And Skills". Boston University School of Law, Law & Economics WP n. 15-49, doi: 10.2139/ssrn.2690435.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2011). *Race against the machine. Digital Frontier. How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*. Lexington (MA): Digital Frontier Press.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York: W.W. Norton & Company.
- Buciuni G., Corò G. (2017). "Periferie competitive: lo spazio delle città intermedie nell'economia dell'innovazione." In: Barbieri L.; *Vertical Innovation. La vera natura dell'innovazione*. Milano: Guerini Next.

- Ciriani, S. ~~tephane~~ and Perin, P. ~~ascal~~. (2015). "Current Perspectives on the Employment Impact of Digital Technologies". *Digiworld Economic Journal*, ~~no. 100, 4th quarter, 2015, p 145~~. 100, 4th Q: 145-163 Available at SSRN: -- <<https://ssrn.com/abstract=2845376>>.
- Cowen, T. (2013). *Average is over: Powering America beyond the Age of the Great Stagnation*. London: Penguin.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The Future of Employment: how Susceptible are Jobs to Computerisation?. *Technological Forecasting and Social Change*, 114, January: 254-280, doi: 10.1016/j.techfore.2016.08.019.
- Gordon, R. J. 2016. *The Rise and Fall of American Growth: The US Standard of Living Since the Civil War*. ~~Princeton University Press~~, Princeton, (NJ): Princeton University Press.
- Hermann, M., Pentek, T., and Otto, B. 2015. "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios." In ~~System Sciences (HICSS), 2016 49th Hawaii International Conference on (pp. 3928-3937). IEEE. doi: 10.1109/HICSS.2016.488~~. 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 5-8 January, 2016, Koloa (HI) Usa, doi: 10.1109/HICSS.2016.488.
- Jaimovich, N. & Siu, H. (2012a): "The Trend is the Cycle: Job Polarization and Jobless Recoveries." ~~NBER Working Paper No. 18334, National Bureau of Economic Research. <https://research.stlouisfed.org/conferences/annual/Jaimovich.pdf>~~ National Bureau of Economic Research (NBER) WP n. 18334 (Issued in August 2012, Revised in March 2014), doi: 10.3386/w18334.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., and Wahlster, W. (2013). *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie*. April, -- <https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_In_dustrie4_0.pdf>.
- Kang, H.S., Lee, J.Y., Choi, S., Kim, H., Park, J.H., Son, J.Y., Kim, B.H., Noh, S.D. 2016. "Smart manufacturing: past research, present findings, and future directions". *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3(1): 111-128, doi: 10.1007/s40684-016-0015-5.
- Lasi H., Fettke P., Kemper H.-G., Feld T., Hoffmann M. (2014). *Industrie 4.0. Wirtschaftsinformatik*, 56(4): 261-264, doi: 10.1007/s11576-014-0424-4.
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E.D.F.R., & Ramos, L.F.P. (2017). "Past, Present and Future of Industry 4.0 - A Systematic Literature Review and Research Agenda Proposal." *International Journal of Production Research*, 55(12): 3609-3629, doi: 10.1080/00207543.2017.1308576.
- Lu, Y. (2017). "Industry 4.0: A Survey on Technologies, Applications and Open Research Issues." *Journal of Industrial Information Integration*, 6: 1-10., doi: 10.1016/j.jii.2017.04.005.
- McKinsey Global Institute - MGI (2017). *Jobs lost, jobs gained: Workforce transition in a time of automation*, November ~~McKinsey Global Institute~~. -- <www.mckinsey.com/global-themes/future-of-organizations-and-work/what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages>.

- Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., & Madsen, E.S. (2014). "The smart factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions". *Proceedings Engineering*, n. 69, pp. : 1184-1190, doi: 10.1016/j.proeng.2014.03.108.
- Rodríguez-Pose A. (2018). "The revenge of the places that don't matter (and what to do about it)". *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, Volume 11, Issue 11(1): 189-209, doi. 10.1093/cjres/rsx024.
- Sabadash, A. (2013). "ICT-induced Technological Progress and Employment: a Happy Marriage or a Dangerous Liaison? A Literature Review". European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies (IPTS), Digital Economy WP 2013/07, -- <<http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC76143.pdf>>.
- Scarpetta S. (2017). *The Future of Work*. Conferenza Cnel-Anpal-Inap, 9 novembre 2017, Roma
- Sharma R. (2017). "No, That Robot Will Not Steal Your Job". *New York Times*, October 7.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). *World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables*. WP n. ESA/P/WP.241, -- <https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf>.
- ~~WEF (2016). *The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*, Disponibile su http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf, u.a. 27/11/2017.~~
- World Economic Forum – Wef (2016). *The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*, gennaio -- <<http://reports.weforum.org/future-of-jobs-2016/>>.