

ISSN 0392-2790

Professionalità studi

*Bimestrale on-line di studi su
formazione, lavoro, transizioni occupazionali*

Studium
edizioni

EDITRICE
LA SCUOLA

ADAPT
www.adapt.it
UNIVERSITY PRESS

PROFESSIONALITÀ STUDI

Bimestrale ad estensione on-line di *Professionalità*, edita da STUDIUM in collaborazione con ADAPT University Press, per l'analisi e lo studio delle transizioni occupazionali nella nuova geografia del lavoro. Contatto: professionalitastudi@edizionistudium.it

DIREZIONE

Giuseppe Bertagna, Ordinario di Pedagogia generale e sociale, Università di Bergamo;
Giuseppe Scaratti, Ordinario di Psicologia del lavoro, Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano;
Michele Tiraboschi, Ordinario di Diritto del lavoro, Università di Modena e Reggio Emilia.

CONSIGLIO SCIENTIFICO DI REFERAGGIO

Anna Alaimo, Associato di Diritto del lavoro, Università di Catania; **Giuditta Alessandrini**, Ordinario di Pedagogia Sociale e del Lavoro, Università degli studi di Roma Tre; **Henar Álvarez Cuesta**, Profesora Titular de Derecho del Trabajo y de la Seguridad Social, Universidad de León (*España*); **Marco Azzalini**, Aggregato di Diritto Privato, Università di Bergamo; **Gabriele Ballarino**, Ordinario di Sociologia del lavoro, Università di Milano; **Elisabetta Bani**, Associato di Diritto dell'Economia, Università di Bergamo; **Alessandro Bellavista**, Ordinario di Diritto del lavoro, Università di Palermo; **Paula Benevene**, Ricercatrice Psicologia del lavoro e delle organizzazioni, Lumsa, Roma; **Vanna Boffo**, Associato di Pedagogia generale e sociale, Università di Firenze; **Marina Brollo**, Ordinario di diritto del lavoro, Università di Udine; **Guido Canavesi**, Associato di Diritto del lavoro, Università di Macerata; **Silvia Ciucciiovino**, Ordinario Diritto del lavoro, Università Roma Tre; **Anna Michelina Cortese**, Associato di Sociologia del Lavoro, Università di Catania; **Madia D'Onghia**, Ordinario di Diritto del lavoro, Università di Foggia; **Loretta Fabbri**, Ordinario di Didattica e metodologia dei processi educativi e formativi, Università di Siena; **Monica Fedeli**, Associato di Didattica e Pedagogia Speciale, Università di Padova; **Paolo Federighi**, Ordinario di Pedagogia generale e sociale, Università di Firenze; **Valeria Fili**, Ordinario di Diritto del lavoro, Università di Udine; **Rodrigo Garcia Schwarz**, Profesor Doctor del Postgrado en Derechos Fundamentales de la Universidad del Oeste de Santa Catarina (*Brasil*); **Jordi García Viña**, Catedrático de Derecho del Trabajo y de la Seguridad Social, Universidad de Barcelona (*España*); **José Luis Gil y Gil**, Catedrático de Derecho del Trabajo, Universidad de Alcalá, Madrid (*España*); **Teresa Grange**, Ordinario di Pedagogia Sperimentale, Università della Valle d'Aosta; **Lidia Greco**, Associato di Sociologia del Lavoro, Università di Bari; **Djamil Tony Kahale Carrillo**, Profesor Titular de Derecho del Trabajo y de la Seguridad Social, Universidad a Distancia de Madrid (*España*); **Alessandra La Marca**, Ordinario di Didattica e Pedagogia Speciale, Università di Palermo; **Antonio Loffredo**, Associato Diritto del lavoro, Università di Siena; **Isabella Loiodice**, Ordinario di Pedagogia generale e sociale, Università di Foggia; **Nicole Maggi Germain**, Maître de conférences HDR en Droit privé (Droit social), Université Paris 1, Panthéon-Sorbonne (*France*); **Patrizia Magnoler**, Ricercatrice a tempo indeterminato di Didattica e pedagogia speciale, Università di Macerata; **Claudio Melacarne**, Associato di Pedagogia generale e sociale, Università di Siena; **Lourdes Mella Méndez**, Profesora Titular de Derecho del Trabajo, Universidad de Santiago de Compostela (*España*); **Viviana Molaschi**, Aggregato di Diritto Amministrativo, Università di Bergamo; **Massimiliano Monaci**, Associato di Sociologia dell'organizzazione, Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano; **Eleonora G. Peliza**, Profesora Adjunta Regular por concurso, Cátedra de Derecho del Trabajo y de la Seguridad Social, Universidad de Morón, Buenos Aires (*Argentina*); **Rodrigo Ignacio Palomo Vélez**, Profesor de Derecho del Trabajo, Universidad de Talca (*Chile*); **Luca Paltrinieri**, Maître de conférences en Philosophie politique, Université de Rennes (*France*); **Paolo Pascucci**, Ordinario di Diritto del lavoro, Università di Urbino Carlo Bo; **Flavio Vincenzo Ponte**, Ricercatore di Diritto del lavoro, Università della Calabria; **Rocco Postiglione**, Ricercatore di Pedagogia generale e sociale, Università di Roma Tre; **Juan Ramón Rivera Sánchez**, Catedrático de Escuela Universitaria de Derecho del Trabajo y de la Seguridad Social, Universidad de Alicante (*España*); **Pier Giuseppe Rossi**, Ordinario di Didattica e Pedagogia Speciale, Università di Macerata; **Alfredo Sánchez-Castañeda**, Coordinador del Área de Derecho Social, Instituto de Investigaciones Jurídicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (*México*); **Annalisa Sannino**, Research Fellow CRADLE, Faculty of Educational Sciences, University of Helsinki, Finland; **Francesco Seghezzi**, Direttore Fondazione ADAPT; **Esperanza Macarena Sierra Benítez**, Profesora Contratada Doctora Derecho del Trabajo y de la Seguridad Social, Universidad de Sevilla (*España*); **Nancy Sirvent Hernández**, Catedrática de Escuela Universitaria de Derecho del Trabajo y de la Seguridad Social, Universidad de Alicante (*España*); **Lorenzo Speranza**, Ordinario di Sociologia del Lavoro, Università di Brescia; **Maura Striano**, Ordinario di Pedagogia generale e sociale, Università Federico II di Napoli; **Giuseppe Tacconi**, Ricercatore di Didattica e Pedagogia Speciale, Università di Verona; **Lucia Valente**, Associato Diritto del lavoro, Università La Sapienza Roma; **Sabine Vanhulle**, Professeure ordinaire, Rapports théorie-pratique en formation, alternance et didactique des savoirs professionnels, Université de Genève (*Suisse*); **Antonio Varesi**, Ordinario di Diritto del lavoro, Università Cattolica del Sacro Cuore; **Luca Vecchio**, Associato di Psicologia del lavoro e delle organizzazioni, Università degli Studi di Milano-Bicocca; **Maria Giovanna Vicarelli**, Ordinario di Sociologia del lavoro, Università Politecnica delle Marche; **Giuseppe Zanniello**, Ordinario di Didattica e Pedagogia Speciale, Università di Palermo.

REDAZIONE

Lilli Viviana Casano (redattore capo); **Paolo Bertuletti**; **Adele Corbo**; **Maria Teresa Cortese**; **Emanuele Dagnino**; **Elena Prodi**; **Lavinia Serrani** (area internazionale); **Diogo Miguel Duarte Silva**; **Tomaso Tiraboschi**; **Paolo Tomassetti**; **Carlotta Valsega**.

ADAPT – Centro Studi Internazionali e Comparati DEAL (Diritto Economia Ambiente Lavoro) del Dipartimento di Economia Marco Biagi – Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Viale Berengario, 51 – 41100 Modena (Italy) – Tel. +39 059 2056742; Fax +39 059 2056043. Indirizzo e-mail: aup@adapt.it @dealunimore

Dichiarazione di pubblicazione etica e lotta alla negligenza editoriale

La Direzione e la Redazione della Rivista *Professionalità Studi* assumono l'impegno nei confronti della comunità scientifica di garantire i più alti standard etici in campo editoriale e di adottare tutte le possibili misure per lottare contro ogni forma di negligenza. La pubblicazione prende a riferimento il codice di condotta e buone prassi che il Comitato per l'etica nelle pubblicazioni (COPE) stabilisce per gli editori di riviste scientifiche.

Nel rispetto di tali buone prassi, gli articoli sono referati in doppio cieco da membri di un comitato scientifico di referaggio di alto livello tenendo conto di criteri basati sulla rilevanza scientifica, sulla originalità, sulla chiarezza e sulla pertinenza dell'articolo presentato. Sono garantiti l'anonimato dei revisori e degli autori, così come la totale riservatezza del processo di valutazione, del contenuto valutato, del rapporto consegnato dal revisore e di qualunque altra comunicazione incorsa tra la Direzione o la Redazione e il Consiglio scientifico di referaggio. Allo stesso modo, verrà mantenuta la più totale riservatezza in merito ad eventuali lamentele, reclami o chiarimenti rivolti da un autore nei confronti della Direzione, della Redazione o del Consiglio scientifico di referaggio.

La Direzione e la Redazione della Rivista *Professionalità Studi* assumono, altresì, il proprio impegno per il rispetto e l'integrità degli articoli presentati. Per questa ragione, il plagio è assolutamente vietato, pena l'esclusione dal processo di valutazione. Accettando i termini e le condizioni indicate, gli autori garantiscono che gli articoli e i materiali ad essi associati abbiano carattere di originalità e non violino i diritti d'autore. In caso di articoli in coautoria, tutti gli autori coinvolti devono manifestare il pieno consenso alla pubblicazione, dichiarando altresì che l'articolo non è stato altrove previamente presentato o pubblicato.

SOMMARIO - n. 1/2017

GIUSEPPE BERTAGNA, GIUSEPPE SCARATTI, MICHELE TIRABOSCHI <i>Le ragioni per una nuova rivista sul lavoro che cambia</i>	1
--	---

Ricerche: Le competenze abilitanti per Industria 4.0

LUCIANO PERO <i>Organizzazione, lavoro e tecnologie 4.0</i>	4
FRANCESCO SEGHEZZI <i>Il ruolo del lavoro e delle competenze nel paradigma di Industria 4.0: inquadramento teorico e prime risultanze empiriche</i>	20
LOINA PRIFTI, MARLENE KNIGGE, HARALD KIENEGGER, HELMUT KRCMAR <i>Un modello di competenze per i lavoratori di Industria 4.0</i>	70
FEDERICO BUTERA <i>L'evoluzione del mondo del lavoro e il ruolo della istruzione e formazione tecnica superiore</i>	93
EMILIO COLOMBO, MARIO MEZZANZANICA <i>Il mercato del lavoro del futuro: come i Big data possono aiutare a coglierne la sfida</i>	125
TATIANA MAZALI <i>Le professioni digitali, dalle Industrie creative culturali alle trasformazioni di Industria 4.0</i>	156
ELENA PRODI <i>I centri di competenza per Industria 4.0: la "lezione" dei parchi scientifici e tecnologici</i>	172

Osservatorio internazionale e comparato

HARTMUT HIRSCH-KREINSEN <i>Digitization of Industrial Work in Germany. Prospects and Design Options</i>	208
JESÚS R. MERCADER UGUINA <i>La transformacion de la empresa en la era de la disruption tecnologica y la industria 4.0</i>	231

Recensioni

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE, <i>Building America's Skilled Technical Workforce</i> , a cura di MARGHERITA ROIATTI.....	255
--	-----

Le ragioni di una nuova rivista sul lavoro che cambia

La più recente evoluzione dei modi di lavorare e produrre, nel mettere alla prova le tradizionali categorie di inquadramento (non solo giuridico) del lavoro e delle forme della sua remunerazione, apre un nuovo e particolarmente suggestivo campo di riflessione scientifica. Cambiano l'idea di lavoro e anche di impresa e dai contratti l'attenzione si sposta inevitabilmente alla professionalità con percorsi che sembrano prospettare il superamento delle vecchie categorie del lavoro dipendente e del lavoro autonomo. Utilizzando le parole di un giurista come Mario Napoli possiamo dire, senza esitazioni, che la professionalità oggi è la “dimensione necessaria, non sempre riconosciuta e tutelata, per l'esplicazione di qualsiasi lavoro, sia autonomo che subordinato nelle imprese”⁽¹⁾.

Tanto nella letteratura giuridica, quanto in quella sociologica, pedagogica, psicologica e organizzativa, la parola professionalità assume sfumature diverse che sono mutate nel tempo e che richiedono oggi, per essere adeguatamente valutate e comprese, un contenitore unitario di analisi. Da un lato, infatti, in tutti i settori e comparti, e a tutti i livelli, si assiste alla riscoperta della dimensione qualitativa del lavoro con il diffondersi di tecnologie di nuova generazione e di modelli organizzativi che implicano maggiori conoscenze, partecipazione e autonomia da parte del lavoratore e chiamano in causa le sue competenze non solo tecniche ma anche personali e sociali. Dall'altro lato si assiste a una diffusione delle professioni propriamente intese, o meglio dei servizi professionali includendo, in tale ampia categoria, tutte le attività connotate da quella che la letteratura riconosce come principale caratteristica distintiva delle professioni, e

(¹) M. NAPOLI, *La professionalità*, in *Il diritto del lavoro tra conferme e sviluppi*, Giappichelli Editore, 2006, p. 490.

cioè l'intensità di conoscenza. Le professioni tradizionali si trasformano, e nuove professioni si diffondono anche in settori prima caratterizzati dalla prevalenza di lavori manuali o esecutivi, per rispondere a bisogni diversificati e a presidio di nuovi mercati reali e virtuali dei servizi.

In questo cambio di paradigma, *Professionalità Studi* si propone di indagare, appunto, la nuova ampia dimensione della professionalità, intesa non solo come insieme di mansioni, o livello e tipologia di qualificazione, o elemento caratterizzante di uno specifico gruppo di professioni, ma come estensione della identità personale anche in termini reputazionali, di riconoscibilità e di status. La professionalità come chiave per una moderna organizzazione del lavoro e come leva per una sua adeguata valorizzazione e per il suo riconoscimento, superando i tradizionali steccati tra mercati interni e mercati esterni del lavoro per entrare nel cuore di una nuova grande trasformazione.

Sarà il tempo a confermare la bontà o meno di una nuova iniziativa editoriale in un panorama già affollato da numerose pubblicazioni, scientifiche e non, che si occupano delle tematiche del lavoro e della formazione. Quello che comunque vuole essere il tratto distintivo di *Professionalità Studi* è l'avvio di una riflessione realmente interdisciplinare come chiave di lettura oggi imprescindibile per indagare e comprendere le trasformazioni del lavoro. In questo *Professionalità Studi* rappresenta a nostro avviso allo stesso tempo una sfida per il presente e un compito per il futuro.

L'obiettivo è provare a mettere in uno stesso contenitore e, ancora di più, in uno stesso ambito di riflessione e analisi ragionamenti giuridici, pedagogico-didattici, sociologici e psicologici sul ruolo dei processi di innovazione, della conoscenza, della formazione, delle competenze e del loro riconoscimento nei nuovi modelli di organizzazione e regolazione del lavoro. Particolare attenzione sarà riservata allo studio dei fattori, di tipo socio-istituzionale e normativo-contrattuale, in grado di promuovere uno sviluppo sostenibile, che sia in grado di offrire risposte a sfide comuni e globali articolando strategie differenziate nei diversi contesti territoriali.

Decidendo di dedicare il primo fascicolo di *Professionalità Studi* al

tema di Industria 4.0 abbiamo voluto da subito entrare nel vivo di questa sfida. I contributi qui presentati affrontano vari aspetti di questo tema, ma tutti nella ottica di comprendere e analizzare i fattori abilitanti dei processi di produzione legati alla c.d. quarta rivoluzione industriale, nonché le sfide connesse a questa nuova grande trasformazione, provando ad attirare nell'orbita delle scienze sociali un tema ingiustamente confinato in un dibattito ancora troppo sbilanciato sulla componente tecnologica.

Giuseppe Bertagna, Giuseppe Scaratti, Michele Tiraboschi

Ricerche

Le competenze abilitanti per Industria 4.0

Organizzazione, lavoro e tecnologie 4.0

*Luciano Pero**

Sommario: **1.** Il cambiamento dell'organizzazione di impresa e del lavoro: dal post fordismo ai network del valore globale. – **2.** La tesi: ottimizzazione congiunta di innovazione tecnologica e organizzativa. – **3.** L'innovazione organizzativa dalla Lean classica alla "Lean evoluta". – **4.** Le tecnologie 4.0 e la loro plasticità. – **5.** Come cambia il lavoro: il dualismo tra vecchio e nuovo e tra lato oscuro e lato luminoso. – **6.** Conclusioni.

1. Il cambiamento dell'organizzazione di impresa e del lavoro: dal post fordismo ai network del valore globale

La grande crisi 2008-2016 sta spingendo gran parte delle imprese innovative in tutto il mondo ad accelerare l'innovazione tecnologica e organizzativa e soprattutto l'applicazione delle nuove tecnologie digitali ai processi manifatturieri. Questa accelerazione e la diffusione di programmi governativi di sostegno all'innovazione, noti come Industria 4.0, hanno colpito a tal punto l'immaginario collettivo che si è diffusa in molti paesi una sorta di paura collettiva per i "Robot che tolgono lavoro agli operai". A seguire, il dibattito sugli effetti delle nuove tecnologie digitali è diventato un tema di attualità e sta coinvolgendo i commentatori economici e molti *media*.

Tuttavia, se si analizzano gli avvenimenti con un orizzonte più ampio, si può osservare che il processo di cambiamento dell'organizzazione della produzione fordista era iniziato già da tempo, sin dagli anni Ottanta, ma non era stato percepito come così importante come le innovazioni attuali denominate Industria 4.0.

* *Adjunct Professor, MIP – Politecnico di Milano.*

In effetti si possono individuare molti elementi di continuità tra il cosiddetto post fordismo degli anni Novanta e i cambiamenti attuali, che sono incentrati su una nuova configurazione dell'intera *supply chain* dei sistemi industriali di tutti i paesi e che sono noti come *network* del valore globale. In breve la rivoluzione dei *network globali* sembra essere la conclusione di un lungo processo di evoluzione dei sistemi industriali di tipo fordista iniziato da circa 30 anni.

A mio avviso, si può suddividere questo processo di cambiamento in due fasi, che stanno conducendo al completo superamento del paradigma della produzione di massa.

1) La fase del cambiamento lento e graduale (o post-fordismo). In questa prima fase, dagli anni Ottanta sino alla fine degli anni Novanta, i cambiamenti si sono sviluppati in una situazione di mercato ancora meno turbolenta del decennio successivo e attraverso processi interni alle imprese caratterizzati da innovazione tecnologica e organizzativa adottate con gradualità. I cambiamenti hanno assunto di conseguenza le caratteristiche di sperimentazione circoscritta e limitata, che ha alimentato l'idea che si trattasse essenzialmente di nuove macchine o di varianti locali del paradigma fordista. In questa fase le principali innovazioni sono riconducibili a tre tipologie principali: l'automazione industriale, l'innovazione dei sistemi di gestione, in particolare con gli ERP, la *Lean Production* e l'impresa rete, che hanno avuto effetti più ampi anche differenziando le strategie competitive.

2) La fase del cambiamento rapido e dei *network* del valore globale. Nella seconda fase, dalla fine degli anni Novanta alla crisi del 2008, la maggiore apertura dei mercati, la rapida internazionalizzazione dell'economia e la crescita impetuosa degli scambi commerciali extraeuropei, hanno prodotto un'accelerazione del cambiamento. Questo nell'ultimo decennio ha assunto le caratteristiche di innovazione obbligata per la sopravvivenza delle imprese. In questa fase le aziende non solo hanno dovuto effettuare riorganizzazioni interne per aumentare l'efficienza e la flessibilità operativa, ma soprattutto hanno dovuto riconfigurare completamente tutta la catena produttiva, la cosiddetta *supply chain*, ampliandola e integrandola sino a coprire i nuovi spazi dell'economia emergente. Questo punto diventa oggi di straordinaria rilevanza strategica, anche per contrastare il declino del nostro sistema produttivo, anche per le aziende che operano principalmente sul mercato europeo e italiano.

Si sono così creati sistemi transnazionali di subfornitura e di cooperazione tra imprese grandi e piccole noti come “piattaforme produttive” o come “reti globali di produzione” ⁽¹⁾. Tali reti comprendono sia le imprese “madri”, localizzate nei paesi industrialmente più forti, sia le lunghe catene di subfornitura e le nuove fabbriche, localizzate anche in quelli emergenti. In queste reti le imprese sono strettamente collegate poiché il successo delle une è condizione del successo delle altre, e la capacità di innovare i prodotti delle prime si integra con la capacità di tenere bassi i costi di produzione e di innovare i processi delle seconde. Tuttavia gli ambienti produttivi sono molto diversi tra settore e settore e tra azienda ed azienda, e si assiste in pratica a una elevata differenziazione dei modelli competitivi. In ogni caso, tenuto conto delle differenze, l’accesso alle reti globali di produzione è vantaggioso sia per le grandi imprese, ad esempio dei settori dell’automobile e dell’elettronica, sia per le PMI e i distretti industriali (ad es. tessile, abbigliamento, meccanica e macchine, arredamento, plastica ecc.), dovunque collocati ⁽²⁾.

Questo gigantesco processo di modifica del sistema industriale da un lato ha aumentato rapidamente il PIL mondiale e ha fatto uscire dalla povertà molti popoli, ma dall’altro ha prodotto conseguenze complesse, differenziate e spesso contraddittorie sulle strutture industriali dei paesi avanzati.

Nel caso italiano, il declino e la crisi prolungata del sistema industriale è stato recentemente interpretato come il risultato della difficoltà complessiva del nostro sistema a riorganizzarsi secondo una strategia di *network* globale. Tra le cause del ritardo ad adattarsi ai nuovi assetti produttivi viene citata la piccola dimensione delle imprese italiane, la crisi e le difficoltà del passaggio generazionale, la scarsità di finanziamento, la scarsa diffusione di internet e il gap digitale ecc.

In realtà la trasformazione verso i *network* globali è stata attuata solo da una parte minoritaria delle imprese industriali sino al 2008. La spaccatura tra le due parti del sistema è stata poi accentuata drammaticamente dalla crisi economica 2008-15. Infatti la parte innovativa, valutata in circa il 30%, ha reagito rapidamente accelerando

⁽¹⁾ A. M. GEREFFI, G. HUMPHREY, T. STURGEON, *The Governance of Global Value Chain*, in *Review of international political economy*, 2005/1,12,78-114.

⁽²⁾ G. TATTARA, G. CORÓ, M. A. VOLPE, *Andarsene per continuare a crescere. La delocalizzazione internazionale come strategia competitiva*, Carocci, 2006, 13-17.

l'innovazione di processo, incrementando l'export con nuove catene di vendita, adottando nuove tecnologie e nuove forme organizzative, rinnovando i prodotti, e in certi casi anche aumentando gli occupati. Al contrario la parte tradizionale ha subito la crisi, ha reagito con tagli di produzione, dismissione di personale, ulteriore delocalizzazione selvaggia, tentativo di ridurre i costi.

Si è creato così un nuovo dualismo nel sistema produttivo italiano, che è stato ben fotografato dall'ISTAT nei "Rapporti sulla competitività dei settori produttivi". Nell'ultimo Rapporto del 2017, le imprese italiane sono classificate in 3 gruppi: quelle "in salute" (circa il 32%, che esportano molto, sono molto innovative, hanno organizzazioni "lean" evolute), le imprese "fragili" (circa il 47%, caratterizzato da bassa innovazione, organizzazione meno evoluta, mercato interno prevalente) e le imprese "a rischio" (circa il 21%) in progressiva difficoltà per la riduzione dei mercati e la concorrenza dei produttori esteri ⁽³⁾.

2. La tesi: ottimizzazione congiunta di innovazione tecnologica e organizzativa

L'accelerazione dei processi di cambiamento generati sia dalle grande crisi e sia dalle nuove imprese internazionalizzate, ha prodotto una grande spinta sia all'innovazione delle tecnologie e sia a quella dell'organizzazione.

La mia tesi è che oggi le due innovazioni non solo procedono in parallelo, ma si alimentano e si sostengono a vicenda in una sorta di rincorsa reciproca. Ad esempio ci sono casi in cui l'introduzione di una nuova tecnologia (come ad es. la possibilità di comunicazione a distanza con i *Social Network*) favorisce una nuova forma organizzativa (come ad esempio i team virtuali e la comunità di pratiche). Allo stesso modo ci sono casi in cui una nuova soluzione organizzativa, come ad esempio i team operai, con spazi predefiniti di autonomia, favorisce l'introduzione di nuove tecnologie, come ad esempio gli *Ipad* di postazione di lavoro per dialogare direttamente con la funzione qualità, e la manutenzione.

⁽³⁾ L. CAMPAGNA, L. PERO, *Partecipazione e innovazione per aumentare la produttività*, in *Sviluppo e Organizzazione*, maggio-giugno 2017, 42-52.

In breve la tesi centrale di questo lavoro è che nelle condizioni attuali, caratterizzate sia da elevata complessità dai *network* produttivi sia da disponibilità di un numero elevato di diverse tecnologie, sia da una vasta gamma di prodotti/servizi producibili, il cambiamento viene trainato non più da una tecnologia dominante, come accadde nelle più recenti fasi storiche di rivoluzione industriale, ma da una ottimizzazione congiunta di nuove tecnologie e nuove forme organizzative.

Non solo, l'esigenza di sviluppare in moto ottimale e congiunto le due innovazioni, fa sì che il processo di cambiamento non sia un salto di tipo "on-off", come ad esempio accadde con la catena di montaggio fordista, ma assume invece la forma di un processo continuo, magari a singhiozzo, di sperimentazione di nuove soluzioni, allo stesso tempo tecniche e organizzative, con ampi e progressivi cambiamenti del lavoro.

Questa sperimentazione progressiva di nuove soluzioni mette in evidenza la scelta organizzativa e gestionale che sta dietro ogni soluzione e consente, a mio avviso, di osservare il non determinismo tecnologico e la possibilità di influenzare e dirigere le scelte di sviluppo in modo da governare il cambiamento. Allo scopo di illustrare meglio questo possibile sviluppo parallelo delle due innovazioni, i paragrafi che seguono presentano le principali caratteristiche e tendenze che ad oggi è possibile osservare nel sistema produttivo in Italia. Infine un ultimo paragrafo propone spunti per capire le conseguenze sul lavoro.

3. L'innovazione organizzativa dalla Lean classica alla "Lean evoluta"

Una certa continuità tra le innovazioni organizzative degli anni Novanta e quelle attuali è osservabile nelle applicazioni dei modelli *lean*, ormai molto comuni nell'industria manifatturiera.

Infatti i modelli organizzativi di tipo "snello", ispirati al toyotismo giapponese, sono stati sperimentati in Europa sin dai primi anni Novanta. Queste esperienze presentavano in Italia molte differenze tra le grandi imprese, dove la *lean* era applicata con metodi *top-down* e con scarso coinvolgimento dei lavoratori, e le piccole imprese, dove era applicata in modo frammentato e su singole aree. Ad ogni modo vi erano aspetti comuni a queste esperienze, individuabili nella messa a

flusso delle fasi di lavorazione e nell'adozione di metodi evoluti di controllo qualità e di manutenzione delle macchine. Si trattava di interventi con benefici molto limitati e circoscritti.

Invece negli anni duemila, come detto sopra, l'adozione di architetture produttive ispirate ai *network* globali ha spinto le imprese più innovative a imboccare con decisione la strada di un nuovo modo di produzione, ben ritagliato sulle proprie strategie, ma con tratti comuni che lo pongono ormai completamente fuori dal post-fordismo come inteso in passato. Noi sosteniamo da tempo che questi nuovi modelli costituiscono un nuovo paradigma produttivo che è per molti aspetti più avanti del modello Toyota, a cui si ispiravano gli approcci *lean* degli anni Novanta. Questo nuovo paradigma può essere indicato con il termine "*lean* evoluta", nel quale sono compresi i più recenti modelli aziendali come il World Class Manufacturing (WCM) del gruppo FCA, il Pirelli Production System, il Lean Luxottica System, il Lean Whirlpool System ecc.

I tratti più innovativi comuni a questi modelli sono sintetizzabili nei seguenti punti.

- *Centralità del lavoro "intelligente" e della intenzionalità delle persone.* Nelle soluzioni di *lean* evoluta il lavoro continua ad essere centrale, come nelle forme precedenti. Tuttavia esso perde le caratteristiche di pura manualità e di "forza lavoro" da controllare con supervisione diretta ed acquista invece sempre di più le caratteristiche di lavoro intelligente, cioè di lavoro che mescola interventi manuali con capacità tecniche di analisi e diagnosi. Tutto ciò sposta il baricentro della motivazione delle persone dalla esecuzione di obblighi e adempimenti con la fatica fisica, in cambio di denaro, alla condivisione di finalità e obiettivi con la fatica mentale per risolvere problemi. In questi contesti l'intenzionalità e la partecipazione sono dimensioni crescenti che avvicinano il lavoro manuale al professionismo.

- *Interazioni complesse tra persone e tecnologie: gli ibridi uomo/robot.* La stagione dell'automazione degli anni Ottanta ci aveva abituato alla sostituzione quasi completa del lavoro operaio manuale e a una distanza sempre maggiore tra gli apparati automatici e le persone. In caso di automazione le macchine venivano racchiuse in gabbie o in teche dove non si poteva entrare. Adesso invece si sviluppano forme di interazione ravvicinata tra uomo e macchina. Ad esempio, con l'espressione "*Low Cost Automation*" si intende una vasta famiglia di soluzioni più semplici dell'automazione totale, basate su bracci

robotici, attuatori, sollevatori o altri congegni che vengono guidati dalle mani dell'operaio per scopi differenti e molto vari e che in ogni caso riducono la fatica. La novità è che c'è un intreccio diretto tra la destrezza operativa dell'uomo e della macchina, non c'è più sostituzione ma integrazione. Alla fine è l'ibrido uomo-macchina che assicura qualità, produttività ed efficienza.

Un altro esempio sono i robot collaborativi. Si tratta di apparati che sono dotati da un lato di particolari sensori per individuare la presenza degli operatori umani e consentire un lavoro comune. Ma dall'altro sono guidati da software di intelligenza artificiale che consentono loro di imparare dai giudizi e dai movimenti dell'operatore umano.

- *Arretramento della gerarchia, team formalizzati e relazione diretta orizzontale tra funzioni.* Uno degli effetti dell'applicazione massiccia di tecnologie Internet e di comunicazione tra apparati mobili e apparati fissi, macchine e materiali, anche con l'ausilio di IOT (Internet delle cose) è la crescita esponenziale delle comunicazioni dirette tra i team operativi e le funzioni tecniche e gestionali di fabbrica. Nelle fabbriche 4.0 si osserva che i flussi principali non sono più quelli gerarchici ma quelli tra i team operai e le funzioni qualità, gli staff di manutenzione, di gestione materiali, delle tecnologie, di amministrazione ecc. Queste comunicazioni sono quelle essenziali per risolvere problemi e gestire efficacemente il flusso produttivo. Esse di conseguenza hanno l'effetto di disintermediare la gerarchia bassa e i capetti di primo livello dalla gestione ordinaria della fabbrica e di potenziare le strutture dei team operativi e dei tecnici di staff nel miglioramento continuo. L'effetto è di disgregare e rendere quasi superflua la bassa gerarchia di fabbrica che diventa uno strumento troppo costoso e lento per gestire la routine e il miglioramento continuo. Viceversa viene potenziata e modificata profondamente la direzione centrale dell'unità produttiva.

- *Empowerment, coinvolgimento, polivalenza e partecipazione dei lavoratori.* Nei modelli *lean* evoluti, il coinvolgimento dei lavoratori non è solo un fenomeno occasionale attivato in funzione del progetto di cambiamento, ma diventa uno strumento permanente e strutturale. A questo scopo il coinvolgimento si traduce in pratiche organizzative ricorrenti e poi viene istituzionalizzato. Le forme del coinvolgimento oggi più diffuse che si possono considerare come strutturali e permanenti sono a nostro avviso il sistema dei suggerimenti, il lavoro in team formalizzato, le comunità di pratiche (che istituzionalizzano la partecipazione dei lavoratori al miglioramento continuo), gli orari a

menù e lo smart working (che istituzionalizzano la partecipazione dei lavoratori alla gestione quotidiana del lavoro). Tutte queste forme comportano non solo un aumento delle conoscenze dei lavoratori ma anche delle competenze necessarie a ricoprire più ruoli e a dialogare con molte funzioni, inoltre accrescono il potere di interferenza dei lavoratori con i processi decisionali aziendali.

- *Architettura aziendale ispirata all'organizzazione che apprende.* In questi ambienti è essenziale che sia assicurata un'ampia circolarità delle conoscenze tecniche, delle soluzioni innovative e dei metodi di miglioramento. La possibilità di condividere tra gli attori i problemi, i metodi, le soluzioni migliori è infatti il modo migliore per utilizzare le nuove tecnologie Internet e digitali. Ma soprattutto questa possibilità comporta il completo capovolgimento del principio taylorista di divisione tra chi progetta e chi realizza e tra chi comanda e chi esegue.

Ci sono molte evidenze e molte testimonianze in base alle quali si può dire che la sperimentazione di alcuni anni di *lean* evoluta è per molte fabbriche la precondizione indispensabile per poter applicare efficacemente le nuove tecnologie 4.0. La *lean* evoluta può essere la culla della nuova fabbrica digitale per due motivi principali, che vengono spesso ricordati dalle testimonianze dei protagonisti e dei manager innovatori. In primo luogo in questi ambienti si è fatta per anni la lotta agli sprechi e la riorganizzazione dei processi che sono stati razionalizzati ed efficientati al massimo; quindi si può evitare l'errore principale che è indicato comunemente come "digitalizzazione dello spreco".

In secondo luogo in questi ambienti, grazie al coinvolgimento delle persone e alla pratica dei suggerimenti e dei team di miglioramento continuo, si è creato un contesto orientato all'innovazione condivisa e alla sperimentazione di nuove soluzioni, che risulta essere molto adatto alla applicazione delle tecnologie 4.0.

4. Le tecnologie 4.0 e la loro plasticità

Il processo di adozione delle nuove tecnologie digitali è solo agli inizi, ed è un processo complesso che, come detto sopra, richiede tempo e procede per sperimentazioni successive. Il principale motivo di questa complessità risiede nel fatto che non si tratta di rinnovare il parco

macchine o di comprare un nuovo robot e poi di addestrate gli operai, ma è invece necessario integrare tecnologie molto diverse tra loro e svilupparle in modo che siano adattate al business e ai clienti tipici di quella impresa. Un secondo motivo di complessità risiede nel fatto che le nuove tecnologie consentono di modificare il modello di business e di instaurare nuovi rapporti col mercato e i clienti aumentando il vantaggio competitivo di chi lo realizza. La possibilità di innovare il modello di business stabilendo rapporti diretti col cliente, che ha l'opportunità di interferire col processo produttivo personalizzando lui stesso il prodotto mentre è in costruzione, è indubbiamente una occasione straordinaria per il nostro futuro industriale. Qualora si diffondesse, sarebbe il vero superamento della produzione di massa fordista.

Per illustrare meglio come le nuove tecnologie consentono questa opportunità conviene accennare brevemente alle loro prestazioni. Con il termine tecnologie 3.0 si intende di solito lo sviluppo separato delle tre famiglie a cui ci siamo abituati sin dagli anni novanta: l'automazione industriale e dei sistemi logistici (ad es. robotica e magazzini automatici), i sistemi gestionali evoluti (ad es. gli ERP), i sistemi di comunicazione basati su Internet e sul Web 2.0 (posta elettronica, siti, mappe ecc.). Lo sviluppo separato di questi sistemi ha coinvolto i sistemi aziendali in modo limitato, settore per settore, ed è stato vissuto come una evoluzione lineare dell'ICT e dell'automazione industriale.

Con il termine tecnologie 4.0 si intende invece un complesso insieme di nuove tecnologie che sono oggi mature per essere applicate su larga scala ai sistemi produttivi manifatturieri ed ai servizi di massa. La varietà di queste nuove tecnologie è molto elevata. Infatti alcune sono una evoluzione diretta dell'automazione industriale e della robotica, mentre altre sono state sviluppate negli ambienti dell'ICT, di Internet e dell'Intelligenza Artificiale (come il *cloud computing*, le interfacce evolute, i *touch screen*, la realtà virtuale, l'analisi di grandi basi di dati ecc.). Le nuove tecnologie vengono classificate in tanti modi, ma una buona tipologia è quella prodotta dall'Osservatorio Smart Manufacturing del Politecnico di Milano⁽⁴⁾.

Questa tipologia è basata sul concetto di famiglia di tecnologie abilitanti, ovvero di tecnologie base che vengono poi sviluppate e

⁽⁴⁾ OSSERVATORIO SMART MANUFACTURING, School of Management, Politecnico di Milano, *Rapporto 2015*.

applicate nei diversi contesti aziendali, spesso in modo interconnesso tra loro e cerca di far intravedere anche diversi ruoli dei lavoratori.

La tipologia propone sei tra macro-famiglie, di cui tre sviluppate nell'ambito delle *operation* industriali.

- *Advanced Automation*. Sistemi con capacità di interazione con l'ambiente, autoapprendimento, guida automatica (sistemi AGV, droni ecc.); utilizzo di tecniche di visione e *pattern recognition*; capacità di interagire con gli operatori (robot progettati per operare in mezzo e al fianco degli operatori).
- *Advanced Human Machine Interface*. Dispositivi indossabili e nuove interfacce uomo/macchina, per l'acquisizione e/o la veicolazione di informazioni in formato vocale, visuale e tattile.
- *Additive Manufacturing*. Creazione di un oggetto attraverso la sua "stampa" strato per strato (e non tramite asportazione o deformazione plastica di materiale). Ambiti applicativi: *rapid prototyping*; *rapid manufacturing*, *rapid maintenance & repair* (riparazione in modo additivo di particolari danneggiati o usurati), *rapid tooling* (realizzazione di stampi e utensili ecc. per processi di stampaggio e formatura).

Ci sono poi le tre macro-famiglie sviluppate nell'ambito ICT e di Internet.

- *Internet of things*. Ogni oggetto diventa "smart" (auto identificazione, localizzazione, diagnosi stato, acquisizione di dati, elaborazione) e connesso attraverso dei protocolli di comunicazione standard.
- *Manufacturing Big Data and Analytics*. Metodologie e strumenti dedicati al trattamento e all'elaborazione di grandi moli di dati nell'ambito manifatturiero e, per estensione, ai processi di gestione della catena produttiva e di vendita. Includono tecniche e strumenti di analisi, visualizzazione, simulazione e previsione.
- *Cloud manufacturing*. Applicazione in ambito manifatturiero del *cloud computing*, con l'accesso diffuso e agevole tramite la rete internet ad un insieme virtualizzato, condiviso e configurabile di risorse IT a supporto di processi produttivi.

Come conseguenza di questa varietà, le applicazioni possibili sono numerose, non sono prevedibili a priori e quindi il loro sviluppo tende

ad avere un carattere aperto e sperimentale. Ad oggi è difficile stabilire la diffusione delle nuove tecnologie con una mappa precisa della loro penetrazione nell'industria. Infatti, esse sono spesso in fase di studio o di sperimentazione, e sono anche applicate con approcci e filosofie diverse nelle varie aziende.

La grande varietà delle applicazioni possibili e la forte differenziazione che già si nota nelle imprese più avanzate, fa emergere il concetto di alta plasticità delle tecnologie 4.0. Certo anche in passato, gli esseri umani erano stati capaci di applicare le scoperte tecniche e le invenzioni a moltissimi ambiti. Basti pensare a come la ruota (inventata nella preistoria) o il più recente motore elettrico (invenzione dell'Ottocento) sono stati applicati in una enorme vastità di settori e per gli usi più disparati. Ma il concetto di plasticità vuole indicare il fatto che nel caso 4.0 non solo sono numerosi gli ambiti di applicazione, ma che la stessa tecnologia si modifica ambito per ambito dando luogo ad applicazioni tecnicamente diverse. Questo concetto di plasticità è rafforzata dalle osservazioni che si possono effettuare nelle aziende più innovative, sulle tendenze dei mercati e dei sistemi produttivi presenti nelle società avanzate come l'Europa.

In breve, sembra che le esigenze dei mercati attuali, almeno dei più dinamici e competitivi, vadano nella direzione di una elevata capacità delle persone e del sistema organizzativo di governare le tecnologie, anche le più automatiche, e di saperle riconfigurare rapidamente. L'adattabilità e la intelligenza complessiva del sistema produttivo viene a configurarsi sempre più spesso come un *ibrido persone/sistema*: le persone devono conoscere la adattabilità delle tecnologie e le macchine devono poter imparare e seguire le intelligenze delle persone. L'insieme uomo/macchina deve essere sempre più "plasmabile".

5. Come cambia il lavoro: il dualismo tra vecchio e nuovo e tra lato oscuro e lato luminoso

Il nuovo dualismo che, come ricordato sopra, si è creato nel sistema industriale tra una prima parte minoritaria ma più dinamica, che compete sull'innovazione e una seconda parte maggioritaria ma più stagnante e in crisi, che compete prevalentemente sui costi, si riflette sulle condizioni di lavoro generando forti contrasti. Infatti nelle imprese più innovative non solo migliorano le condizioni di lavoro,

l'ergonomia e la fatica, la qualità del lavoro e i salari aziendali, ma spesso cresce anche l'occupazione e la partecipazione diretta dei lavoratori. In questi casi anche il lavoro operaio assume progressivamente contenuti più tecnici e di soluzione di problemi e perde contenuti di lavoro fisico, faticoso e noioso. Cresce la dimensione sociale del lavoro in team, per eseguire compiti complessi e risolvere problemi; si riduce la dimensione esecutiva controllata dal comando del capo.

Viceversa, nel secondo gruppo di imprese, non solo si assiste a una progressiva riduzione di occupati e a una stagnazione o riduzione dei salari di fatto, ma spesso compaiono forme regressive di organizzazione del lavoro, basate su outsourcing, delocalizzazione e forme quasi "bracciantili" di organizzazione, spesso nascoste sotto l'etichetta di cooperativa.

Ma non solo, anche all'interno della *new-economy* e delle aziende che utilizzano le tecnologie 4.0, si sta generando un profondo dualismo tra soluzioni nelle quali il lavoratore ha un ruolo attivo, responsabile e di controllo delle tecnologie e soluzioni dove le persone sono completamente asservite alle nuove piattaforme digitali, con ruoli esecutivi e senza autonomie.

È in queste piattaforme digitali che si trova il "lato oscuro" delle nuove tecnologie, che di solito si sviluppa negli ambienti meno complessi dei magazzini, dei trasporti e della presa in carico e consegna di merci e oggetti o di trasporto delle persone. Anche in questi casi tuttavia sono possibili soluzioni alternative, meno oscure e più umanizzate.

Invece nei settori industriali dedicati a produzioni di qualità personalizzate e nei servizi evoluti alla persona o *knowledge intensive*, sembra affermarsi il lato luminoso delle nuove tecnologie.

In questo caso si assiste da un lato alla sparizione di alcuni ruoli e alla crescita di nuovi, ma soprattutto alla trasformazione dei ruoli tradizionali. Dall'altro lato emerge un cambiamento profondo del contesto e dei contenuti di lavoro.

Le seguenti immagini metaforiche possono dare un'idea dei cambiamenti in atto.

L'ambiente di lavoro come rete di ruoli. Nei nuovi *network* globali si devono intrattenere rapporti complicati di tipo produttivo e commerciale con unità collocate in altri paesi del mondo, in cui lavorano persone di altre culture, di altre lingue, che svolgono altri

ruoli. Non è facile immaginare la complessità e l'intensità della relazione che si deve mettere in campo per operare in questi network. Siamo ormai agli antipodi del paradigma fordista che si basava sull'unico rapporto gerarchico tra capo e collaboratore. Oggi la situazione è assai diversa: le relazioni gerarchiche permangono, ma sono inserite in un contesto di forte interscambio comunicativo con molte altre persone, talora vicine, ma spesso lontane.

Ma anche nelle fabbriche, con poche relazioni globali, i lavoratori cui sono attribuiti compiti di controllo qualità e di prima manutenzione, devono avere un frequente dialogo con attrezzisti, manutentori, specialisti di qualità, ingegneri di produzione ecc. La percezione di massa è che il posto di lavoro è mutevole, immerso in un ambiente con confini variabili, più legato a un gruppo di persone che a una singola macchina o postazione di lavoro.

Dal coordinamento e controllo per standard al coordinamento per team. L'esigenza di coinvolgere i lavoratori nella gestione della complessità tecnologica e organizzativa nasce oggi non solo dalle nuove tecnologie, ma anche dal fatto che ogni ruolo prevede l'utilizzo di una numerosa molteplicità di sistemi. Basti pensare a un ruolo di cassiera nel supermercato e a quante tecnologie essa debba utilizzare oltre a quella tipica di cassa (ad es. Bancomat, Carte di Credito, Pagamenti Bollette, Schede Telefoniche, Carta Fedeltà, Sconti per i soci ecc.), senza contare la molteplicità delle relazioni che bisogna intrattenere e la numerosità dei vincoli di cui bisogna tener conto. L'attuale esplosione del lavoro in team è, a mio avviso, un segno della crescente complessità che non è più gestibile con i tradizionali sistemi gerarchici e con il solo rapporto tra capo e collaboratore. Il lavoro in team è utilizzato sia nella direzione delle imprese (i team direzionali), sia nelle fabbriche (i team operai), sia nei progetti (i team di progetto interfunzionale), sia nei servizi (i vari team di gestione del cliente). Il passaggio rapido che è in corso oggi, da forme di coordinamento basate su standard e su procedure chiuse, a nuove forme di coordinamento per team, basate sulla cooperazione diretta delle persone, sono un segno evidente della necessità per le imprese di coinvolgere i lavoratori.

Il lavoro come laboratorio di sperimentazione tecnica e sociale. Quasi ovunque sta crescendo la pressione per il miglioramento continuo delle performance e per l'innovazione tecnologica. Questi cambiamenti si

possono sviluppare con molti metodi, ma nella sostanza si tratta di trovare soluzioni nuove che combinino in modo più efficiente i fattori produttivi, cioè macchine, persone, clienti, energia e materiali. Questa ricerca di combinazioni più vantaggiose è relativamente semplice nelle situazioni tradizionali, con alta manualità e macchine elementari. Ma quando il sistema produttivo diventa più complesso, per la presenza di impianti sofisticati oppure per l'uso di forme organizzative evolute, allora la ricerca di miglioramenti rende necessario effettuare veri e propri esperimenti sulle macchine e sulle persone, e spesso anche sui clienti, per scoprire a quali condizioni li si raggiunge.

L'impresa come rete di comunità professionali e di team. Il miscuglio di team e di nuove tecnologie di comunicazione che si intrecciano dentro una impresa o trasversalmente a diverse imprese, conduce a far percepire la vita aziendale in modo nuovo, come una rete complessa di comunità diverse, che devono confrontarsi, negoziare e cooperare nel rispetto reciproco poiché ciascuna ha una propria cultura. Ogni comunità ha il compito di gestire un aspetto della vita aziendale o di filiera: ci sono le reti commerciali, del marketing, della produzione, della progettazione, e così via, ciascuna con le sue specificità tecniche. Le comunità professionali operano tipicamente con il lavoro in team ⁽⁵⁾. Esse non annullano le gerarchie ma si affiancano ad esse. Spesso i team e le gerarchie convivono, talora in conflitto ma talora sostenendosi a vicenda, temperandosi all'interno delle comunità professionali. Ad oggi sembra essere percepita come più forte la dimensione del team in un ambiente ancora gerarchico, ma in molte aziende di successo sta crescendo impetuosamente la dimensione trasversale delle comunità professionali, che talora sono più forti delle gerarchie, soprattutto quelle intermedie.

6. Conclusioni

In sintesi mi sembra di scorgere, nella attuale situazione di forte cambiamento, un peso minore del determinismo tecnologico che ha caratterizzato la storia industriale del secolo scorso. In altre parole, a mio avviso, le caratteristiche intrinseche delle nuove tecnologie e dei

⁽⁵⁾ S. BLACK, L. LYNCH, What's Driving the New Economy? The Benefits of Workplace Innovation, "Economics Journal", 114, 2004.

sistemi produttivi attuali, consentono un governo del processo di cambiamento e una sua umanizzazione probabilmente più elevata e anticipata che nel passato. Essa può essere realizzata in primo luogo da una progettazione congiunta di tecnologia e organizzazione, e conseguentemente dei suoi riflessi sul lavoro. Ma ancora più importante sarà attivare una progettazione condivisa delle nuove fabbriche tra tutti gli attori, compresi i lavoratori e le loro rappresentanze.

Ovviamente molto dipenderà, per il buon governo dal cambiamento, dalla capacità degli attori sociali e dei sistemi istituzionali di essere consapevoli delle opportunità presenti oggi e di essere capaci di effettuare scelte opportune di governo dell'innovazione.

Organizzazione, lavoro e tecnologie 4.0 – Riassunto. *Il testo descrive l'evoluzione dei sistemi manifatturieri come passaggio dai sistemi fordisti ai network del valore globale. La tesi è che in questi nuovi contesti l'innovazione tecnologica basata sulle tecnologie 4.0 può svilupparsi meglio se è accompagnata in parallelo da una innovazione organizzativa nella quale la partecipazione dei lavoratori è elevata. Gli impatti sul lavoro non sono deterministici ma dipendono dalle scelte effettuate dagli attori sociali, dal momento che il processo di cambiamento è governabile e non obbligato.*

Organisation, Work and New Technologies 4.0. – Summary. *This article describes the evolution of the Manufacturing Systems as the transition from traditional models to Global Value Networks. In this context, the evidence is that new forms of lean organisation, based on workers participation, are more suitable for the new digital technologies 4.0. It seems that it will be possible to steer the innovation process at the aim to control the impact on workers and on work organisation. The application of new technologies seems not to be a deterministic process but an organisational choice based on the willing of social actors.*

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

Francesco Seghezzi*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1. Industria 4.0 come fenomeno tecnologico: una definizione

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

⁽¹²⁾ Ad esempio M. HERMANN, T. PENTEK, B. OTTO, *op. cit.*, 12, sulla base di una analisi della letteratura e individuando le tecnologie fondamentali giungono ad una ampia definizione, al momento la più completa: «*Industrie 4.0* è un termine collettivo

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

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

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

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

⁽¹⁴⁾ Cfr. E.A. LEE, *Cyber Physical Systems: Design Challenges*, 11th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), 5-7 May 2008, 12. Una definizione simile è fornita da E. GEISBERGER, M. BROY (a cura di), *Living in a networked world. Integrated research agenda Cyber-Physical Systems*, Acatech Study, 2015, 4: «I CPS sono il prodotto

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2. Oltre la tecnologia, una rivoluzione sociale

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

⁽³⁰⁾ L'esempio dei motori Rolls Royce utilizzati da Airbus, che usufruiscono dei vantaggi dell'IoT, è chiarificatore di questo aspetto: «la Rolls Royce ha già adottato un modello di questo tipo per i motori aeronautici: la possibilità di avere motori che comunicano in tempo reale dati relativi al loro utilizzo e all'usura dei diversi componenti rende possibile un modello di business in cui il produttore affitta i motori alla compagnia aerea e ne cura la manutenzione» (X COMMISSIONE PERMANENTE, *op. cit.*, 131). Le novità di Industry 4.0 si affacciano quindi in uno scenario economico profondamente diverso non solo da quello del periodo fordista ma anche da quello del periodo post-fordista e sembrano segnare una ulteriore discontinuità. Infatti l'introduzione di Internet of Things e Internet of Services sia nei processi sia nei prodotti industriali non solo è consentita dall'ampio spazio che già i servizi possiedono nella produzione manifatturiera ma anche ha la facoltà di rivoluzionare l'intero ciclo produttivo. Basti pensare che attraverso la sensoristica presente nei beni commercializzati e l'utilizzo dell'IoT le imprese produttrici possono monitorare, ottimizzare e aggiornare in continuazione quanto già venduto, oltre a offrire tutta una serie di servizi personalizzati resi erogabili proprio in virtù dell'analisi dei big data generati in modo costante dai prodotti. La centralità del ruolo del consumatore e la possibilità di offrire servizi nuovi potrebbe far sì che il concetto stesso di servizio non sia unicamente quello di uno strumento funzionale alla gestione della produzione, alla sua organizzazione e distribuzione o alla sua implementazione, ma uno dei veri protagonisti della produzione manifatturiera. Si creerebbero così logiche di rete tra fornitori di servizi ed imprese, sia attraverso il potenziamento di dinamiche di esternalizzazione inclusiva, che di reinternalizzazione di attività prima secondarie. Per questo motivo la traduzione stessa del termine *Industry* con l'italiano "industria" rischia oggi di essere fuorviante, in quanto riconduce etimologicamente il concetto ad una realtà che non è quella nella quale si incarna la Quarta rivoluzione industriale. Più corretta apparirebbe la traduzione con il più generico termine settore, per indicare che la potenzialità del 4.0 è oggi abilitante ogni diverso settore dell'economia, o ancor meglio con il termine *impresa*, a significare il luogo della produzione o dello scambio di beni e servizi, in cui l'elemento coordinativo nativo è voluto ed appare come una evoluzione, in virtù delle nuove dinamiche economiche, di quanto la definizione del Codice civile ex articolo 2082 interpretava in chiave disgiuntiva. Non più quindi la condizione preliminare di scelta tra settore dei servizi e quello dell'industria ma una impresa in sé, che attinge da entrambi i vecchi settori per produrre, in virtù della tecnologia e dei nuovi processi, beni che sono tali in quanto portano con loro servizi, e viceversa. Per un inquadramento teorico del tema cfr. K. DE BACKER, I. DESNOYERS-JAMES, L. MOUSSIEGT, *Manufacturing or Services – That is (not) the Question*. *The Role of Manufacturing and Services in OECD Economies*, OECD Science, Technology and Industry Policy Paper, 2015, n. 19. Sulle conseguenze di

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

⁽³⁶⁾ Ivi, 20 ss.

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

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

Risulta così importante, dopo queste osservazioni, chiarire come la valenza scientifico-descrittiva del concetto di *Industry 4.0*, e quindi di quarta rivoluzione industriale, non sia da intendersi qui nel senso della definizione specifica del fenomeno tecnologico, né come è intesa dalle diverse strategie degli Stati nazionali, a partire da quello tedesco. O

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

⁽³⁸⁾ Cfr. K. POLANYI, *op. cit.*, 74.

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

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

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

3. Lavoro e tecnologia nella grande trasformazione

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

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

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

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

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

⁽⁴⁵⁾ Facciamo riferimento in particolare alla pubblicistica che, a partire da J. RIFKIN, *La fine del lavoro*, Baldini & Castoldi, 1995, ha più volte negli anni sostenuto, senza presentare particolari studi, l'avvento di una forte accelerazione nei processi di

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

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

sostituzione. In Italia si veda, tra gli ultimi, R. STAGLIANÒ, *Al posto tuo. Così web e robot ci stanno rubando il lavoro*, Einaudi, 2016.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

⁽⁵⁴⁾ Ivi, 21.

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

⁽⁵⁶⁾ Ivi, 5.

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

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

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

⁽⁵⁸⁾ *Ibidem*.

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

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

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

manifattura rendono più complessi i sistemi produttivi tradizionali, lasciando spazio a figure professionali ibride e nuove che possono avere impatti, sebbene non ancora studiati e difficilmente studiabili oggi, sui livelli occupazionali.

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

⁽⁶²⁾ Cfr. D.H. AUTOR, *op. cit.*, 3.

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

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

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

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

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

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

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

4. La complementarietà rafforzata nel nuovo rapporto uomo-macchina

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

⁽⁸¹⁾ Ivi, 12.

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

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

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

L'obiettivo sarebbe quello di

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

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

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

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

⁽⁸⁴⁾ Ivi, 2 ss. del dattiloscritto.

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

5. Esperienza di lavoro e *subjectifying action*

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

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

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

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

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

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

⁽⁸⁷⁾ *Ibidem*.

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

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

⁽⁹⁰⁾ Ivi, 153.

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

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

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

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

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

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

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

⁽⁹⁴⁾ Ivi, 158-159.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

della capacità di apprendimento continuo, sia attraverso corsi di aggiornamento che, e soprattutto, mediante l'esperienza di lavoro stessa.

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

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

6. Lavoro e competenze in Industria 4.0 in Italia

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

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

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

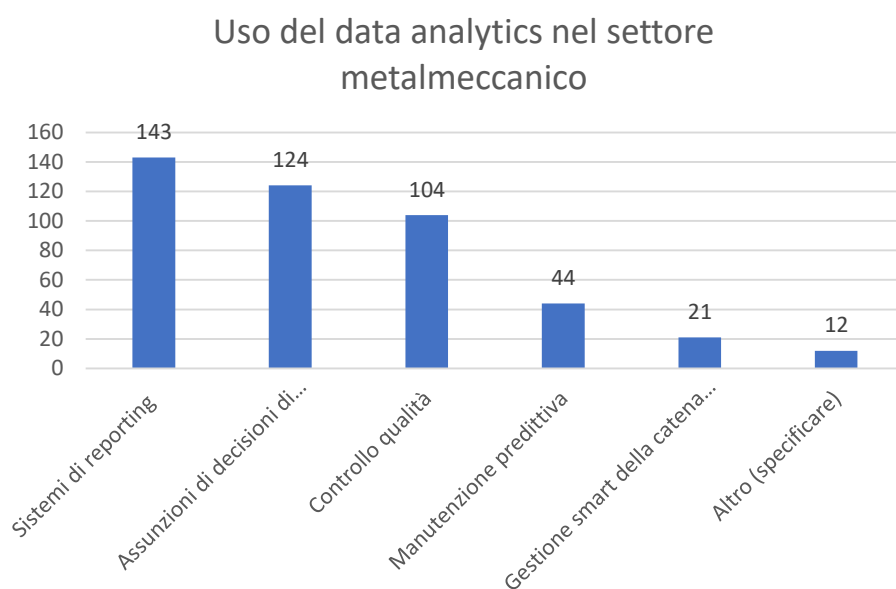
⁽¹⁰²⁾ Le tecnologie considerate sono: meccatronica; robotica; robotica collaborativa; Internet of things; big data; cloud; sicurezza informatica; stampa 3D; simulazione; nanotecnologie; materiali intelligenti. Le imprese *adopters* sono risultate il 64% di quelle intervistate.

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

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

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

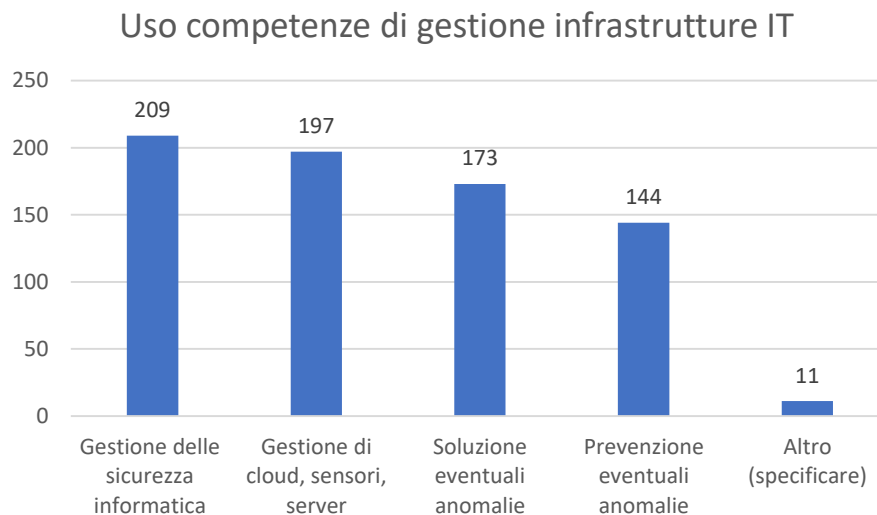
l'utilizzo dell'analisi dei dati si concentri in particolare nei sistemi di reporting che consentono un monitoraggio passivo delle attività e come supporto nelle decisioni e nella riprogrammazione delle attività. Ancora poco diffuso risulta invece l'utilizzo dei *big data* per attività che caratterizzano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



Fonte: elaborazione su indagine Federmeccanica

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

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



Fonte: elaborazione su indagine Federmeccanica

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

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

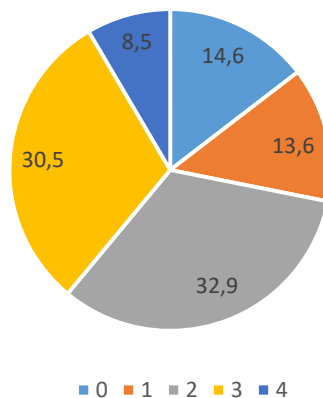
Una ulteriore conferma della presenza nel panorama industriale di processi produttivi ancorati ad una fase di digitalizzazione precedente a quella di Industria 4.0 è possibile analizzare le risposte fornite in materia di competenze trasversali. Alle imprese intervistate è stato chiesto alle imprese intervistate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

In ultimo è stato chiesto alle imprese *adopters* verso quale direzione, in merito all'organizzazione del lavoro, ha condotto l'applicazione delle tecnologie abilitanti di Industria 4.0. Dalle risposte emerge come una

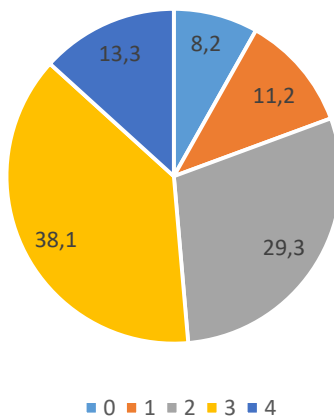
buona parte delle imprese intervistate noti che tale applicazione introduca logiche di “oggettivizzazione delle conoscenze” intese come fenomeni di diffusione e condivisione delle informazioni e della conoscenza dei processi lungo tutta la catena del valore, operai compresi. Mentre una parte minore delle imprese individua nello *smartworking* una pratica che consegue all’adozione delle tecnologie.

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

Smart-working



Oggett. delle conoscenze



Fonte: elaborazione su dati Federmeccanica

7. Osservazioni conclusive

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

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

Lavoro e competenze nel paradigma di Industria 4.0: inquadramento teorico e prime risultanze empiriche – Riassunto. *Il rapporto tra tecnologia, innovazione e lavoro è sempre stato al centro del dibattito economico-sociologico. Dagli economisti classici fino alla teoria più recente si è cercato di individuare le correlazioni positive*

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

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

Un modello di competenze per i lavoratori di Industria 4.0

*Loina Prifti, Marlene Knigge, Harald Kienegger, Helmut Krcmar**

Sommario: 1. Introduzione. – 2. Background. – 2.1. Competenze. – 2.2. Modelli di competenze. – 2.3. Industry 4.0. – 3. Metodologia. – 3.1. Literature Review. – 3.2. Focus Group. – 4. Risultati. – 4.1. Risultati dalla letteratura. – 4.2. Risultati dei focus group. – 4.3. Sviluppo del modello. – 5. Discussione e limiti.

1. Introduzione

Le recenti innovazioni tecnologiche, come i sensori, i sistemi cyberfisici, l'Internet delle cose o le reti intelligenti influenzeranno ogni aspetto della nostra vita. Questo sviluppo è identificato con la quarta rivoluzione industriale, conosciuta anche come "Industrie 4.0" o "Industry 4.0" (I4.0). L'espressione I4.0 è largamente utilizzata nel contesto internazionale. Tuttavia, nell'ambito del presente studio, ci concentreremo sul concetto tedesco di I4.0. In questo contesto si farà riferimento ad alcune delle sfide che il mondo sta affrontando, incluse l'aumento dell'efficienza delle risorse e dell'energia, la produzione e il cambiamento demografico [1]. Inoltre, suddetto sviluppo presenta un enorme potenziale, essendo la Germania un leader globale dell'industria manifatturiera [1]. La Germania possiede altresì una

* *Technical University Munich, Chair of Information Systems, Munich, Germany, {prifti,marlene.knigge,harald.kienegger,krcmar}@in.tum.de*

Traduzione a cura di Francesco Seghezzi. Il contributo qui pubblicato è una traduzione dell'articolo a cura di L. PRIFTI, M. KNIGGE, H. KIENEGGER, H. KRCMAR, "A Competency Model for Industrie 4.0 Employees" pubblicato tra gli atti della Wirtschaftsinformatik Conference "Towards thought leadership in digital transformation", February 12th-15th 2017, Institute of Information Management, St. Gallen, Switzerland.

conoscenza significativa nell'ambito dell'information technology e competenze in termini di automazione, sistemi integrati e reti intelligenti [1]. Ciò consente alla realtà tedesca di possedere i prerequisiti per essere leader nell'ambito della I4.0. "In sostanza, la I4.0 comporterà l'integrazione tecnica dei sistemi cyber-fisici nella manifattura e nella logistica e l'utilizzo dell'Internet delle cose e dei servizi nei processi industriali" [1].

La I4.0 influenzerà in modo significativo i nostri ambienti di lavoro. Ad esempio, cambierà i processi relativamente agli acquisti, alla produzione, alla manifattura, alle vendite e alla manutenzione, introducendo concetti quali la manifattura e la manutenzione intelligente, così come un alto livello di automazione e di integrazione lungo tutti i processi dell'impresa [2]. Avrà implicazioni significative sulla creazione di valore, sui modelli di business, sui servizi al consumatore e sull'organizzazione del lavoro [1]. Come conseguenza, i lavoratori dovranno confrontarsi con processi di lavoro e modelli di business profondamente modificati, così come con nuove tecnologie [2]. Il modello dell'organizzazione del lavoro si trasformerà a causa della natura *disruptive* delle tecnologie emergenti e delle strutture di comunicazione e collaborazione modificate [3]. I processi diverranno più complessi e interconnessi. Le sfere tecniche, organizzative e sociali delle attività lavorative si sovrapporranno. Il modo in cui lavoriamo sarà una delle dimensioni più condizionate dal fenomeno della I4.0 [4], il quale non riguarderà unicamente tecnologia e produzione, ma le modalità di esecuzione della prestazione lavorativa in tutte le sue dimensioni [5]. La trasformazione dell'ambiente lavorativo muterà i profili professionali e per questo richiede che i lavoratori abbiano a disposizione un ampio bagaglio di competenze [1,2,6]. Nell'era della I4.0, i profili professionali che richiedono un'istruzione di livello terziario acquisteranno maggior spazio, mentre le attività manuali saranno in buona parte sostituite da processi automatizzati [1]. Di conseguenza, sono diversi gli esperti e i ricercatori che concordano sul fatto che lo sviluppo delle competenze per studenti e lavoratori che sono interessati a lavori che richiedono un'istruzione terziaria sia una delle sfide fondamentali per adattarsi alla I4.0 [3, 7-12]. Per affrontare questa sfida Erol, Jager, Hold e Sihm [9] propongono un insieme di competenze, tratte dall'analisi della letteratura, presentando un concetto di apprendimento degli studenti differenziato in base ai diversi scenari possibili. Acatech Fraunhofer Institut fur Materialfluss und Logistik e

Equaeo GmbH [2] hanno analizzato le imprese tedesche seguendo un approccio olistico e proponendo un insieme di competenze suddivise in due aree: competenze che le imprese dovrebbero possedere e competenze a cui i lavoratori dovrebbero adattarsi. Anche altri autori analizzano il lavoro nell'era della I4.0, specificando alcune competenze che diventeranno importanti [4,7, 13-15].

Al fine di adattarsi con successo ai cambiamenti provocati dalla I4.0, è necessaria una chiara definizione delle competenze richieste [7,8,16]. Inoltre, una descrizione efficace della relazione e della connessione tra queste competenze può fornire la base per lo sviluppo delle competenze future [2]. Il modo migliore per affrontare questo nodo potrebbe essere rappresentato da un modello di competenze strutturato, che si rivolga alle competenze I4.0 per i laureati. Il fenomeno I4.0 si accompagnerà ad un potenziamento dei macchinari di produzione che richiede un adattamento dei profili di competenza degli ingegneri. L'IT assume il ruolo di programmatore di queste macchine e di progettazione di architetture digital, il che richiede nuove competenze per i professionisti IT. Suddetti cambiamenti nella produzione, la trasformazione dei processi di business, così come nuove modalità di comunicazione e di collaborazione condurranno a diversi o, addirittura, a nuovi processi e strutture IT, ma anche ad un nuovo modello di gestione delle persone che richiede profili di competenze personalizzati per i professionisti dei sistemi informativi (IS). I profili professionali degli ingegneri e dei lavoratori IT e IS devono essere adattati e includere nuove competenze, al fine di fronteggiare il fenomeno della I4.0. Per tale ragione, abbiamo cercato di affrontare questo tema, di cui poco si conosce in ambito accademico, identificando le competenze in ambito I4.0. In particolare, ci siamo concentrati su tre aree che richiedono una formazione terziaria e che saranno particolarmente rilevanti in I4.0: IS, IT ed ingegneria. Il presente studio vuole fornire una risposta al seguente quesito:

Quali sono le competenze fondamentali per posizioni lavorative che richiedono una formazione terziaria, al fine di operare efficacemente ed efficientemente nel contesto della I4.0?

Di seguito viene presentato un modello di competenze con tre varianti per queste tre aree, combinando due metodi di ricerca: l'analisi della letteratura e i focus group.

Nella prossima sezione di questo articolo verranno descritti i principali concetti utilizzati nel corso di questa ricerca: “competenze”, “modello di competenza” e “Industry 4.0”. In seguito, sarà definita la metodologia applicata, descrivendo nel dettaglio ciascuno dei metodi di ricerca utilizzati, ossia l’analisi della letteratura e i focus group. A seguire saranno presentati i risultati della ricerca per ciascuno dei metodi e per modello di competenza. Lo studio si conclude con una discussione dei risultati.

2. Background

2.1. Competenze

Molte discipline, come la psicologia, le scienze dell’educazione, il management organizzativo, le risorse umane e i sistemi informativi hanno preso in esame il concetto di competenze. Diversi ricercatori hanno proposto definizioni differenti durante gli anni, dando vita a un dibattito che è ancora in corso [17]. La prima definizione di competenze è stata proposta da McClelland [18] che ha definito una competenza come un “tratto personale o un insieme di comportamenti che conduce ad una performance lavorativa superiore o più efficace”. In letteratura, possono poi essere rinvenute altre definizioni proposte negli anni successivi, ad esempio quella di Klemp [19], che ha definito la competenza come “una caratteristica insita nella persona che conduce a una performance lavorativa superiore o più efficace”. Secondo Spencer e Spencer [20] invece, “le competenze sono capacità e abilità; cose che si è capaci di fare; acquisite mediante l’esperienza di lavoro, l’esperienza di vita, lo studio e la formazione”. Infine, Bartram, Robertson e Callinan [21] ritengono che le competenze siano un “insieme di comportamenti che sono strumentali nella realizzazione di risultati e obiettivi desiderati”.

La ricerca sulle competenze ha considerato principalmente tre approcci che si sono sviluppati autonomamente [17]. L’approccio comportamentista, che si concentra sugli attributi che vanno oltre le abilità cognitive, come l’auto-coscienza, auto-regolazione e le c.d. social skills [18-22]. Questo approccio sostiene che le competenze siano fondamentalmente comportamentali e, diversamente dalla personalità e dall’intelligenza, possano essere insegnate attraverso la

formazione e lo sviluppo. L'approccio funzionale si basa sulle competenze come requisiti per la piena realizzazione di un compito. L'approccio olistico/multi-dimensionale descrive le competenze come un insieme di attributi [23-24] individuali richiesti alla singola persona e di competenze organizzative richieste a livello di impresa per raggiungere i risultati desiderati [25].

Nell'ambito del presente studio ci concentreremo sull'individuo come fattore chiave della I4.0, analizzando l'ampio spettro di competenze per gli individui, non solo a livello funzionale, ma anche a livello comportamentale. In tal senso, non definiamo una lista di competenze per realizzare un certo compito, né tantomeno ci occupiamo di quelle di natura organizzativa. L'intento è quello di offrire una panoramica delle competenze che dovrebbero essere sviluppate dagli individui per lavorare con successo nel contesto della I4.0. Per questo, applichiamo l'approccio comportamentista, in quanto più adatto per il nostro proposito, dandoci la possibilità, inoltre, di descrivere la relazione tra competenze come costrutti, da un lato, e i principi psicologici quali posti alla base di motivazioni e tratti della personalità, dall'altro [26].

Nell'ambito di questo studio, utilizziamo la definizione di Bartram, che definisce le competenze come un "insieme di comportamenti che sono strumentali nel realizzare un risultato e/o un obiettivo desiderato" [21]. In questo senso, "una competenza non è il comportamento o la performance stessa, bensì un repertorio di capacità, attività, processi e risposte disponibili che abilitano un insieme di domande di lavoro da soddisfare più efficacemente da parte di alcune persone rispetto ad altre" [27].

2.2. Modelli di competenze

Un modello di competenza consiste nelle competenze desiderate per un certo compito e può anche includere una descrizione delle singole competenze [28-30] così come indicatori per misurare performance e risultati. La lista può comprendere diversi livelli di dettaglio e può anche descrivere le relazioni tra le diverse competenze. Molti modelli di questo tipo sono stati sviluppati durante gli anni, ad esempio quello proposto da Erpenbeck e Rosenstiel [31], che suddivide le competenze in quattro categorie: personali, sociali/interpersonali, operative e specialistiche. Egeling e Nippa [32] utilizzano un'altra classificazione,

suddividendo le competenze in meta-competenze, competenze specialistiche, metodologiche e sociali. Altri modelli riguardano le competenze necessarie per la leadership e il management [22, 24, 33], mentre altri ancora sono relativi a compiti e profili professionali specifici [26, 32].

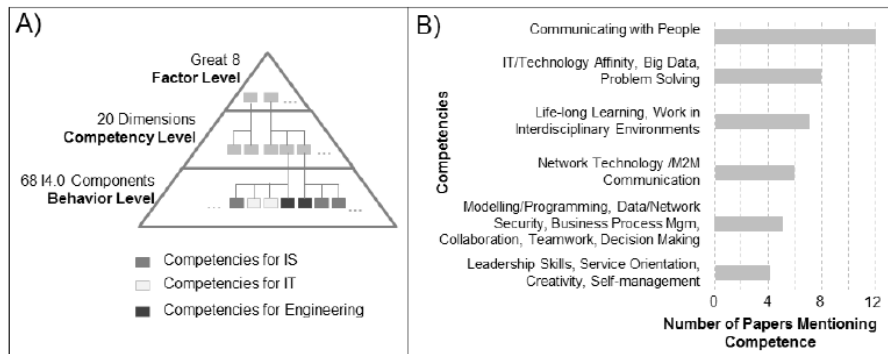


Fig 1. A) Industry 4.0 Competency Model Structure (Source: Own representation with regards to [37]); B) Most Mentioned Competencies in the Literature (Source: Own representation)

CEB Inc. ⁽¹⁾ [34] propone il quadro SHL Universal Competency Framework (UCF) ⁽²⁾ [35] come fondamento generico per costruire modelli di competenze. Questo quadro, di stampo comportamentista, è stato elaborato analizzando approcci accademici e professionali. Si compone di tre livelli gerarchici. Il primo è definito “Great Eight” e descrive gli otto fattori centrali alla base della performance lavorativa. Tutte le competenze possono essere suddivise in questi otto gruppi di competenze, seguiti da 20 dimensioni di competenza che dividono questi otto gruppi in ulteriori categorie, che sono suddivise in 112 componenti di competenze. A questo livello tutte le competenze disponibili sono descritte, e ogni competenza può essere incrociata con ciascuno dei 112 elementi. Questa struttura offre una prospettiva generale sulle competenze, dentro la quale possono essere sviluppati

⁽¹⁾ La CEB Inc. è una buona pratica a livello globale e una società di consulenza tecnologica che offre servizi a imprese in tutto il mondo [34].

⁽²⁾ Il quadro SHL Universal Competency Framework (UCF) offre una prospettiva sullo stato dell’arte delle competenze ed è usato nel mondo da compagnie molto note come Coca Cola [36]. È proposto da CEB Inc (si veda sopra) [35].

modelli di competenze in ambiti specifici. Per il nostro modello, abbiamo adattato tale framework, usando il “Great Eight” come primo livello e le 20 dimensioni di competenza come secondo livello. Abbiamo posto le competenze necessarie del livello comportamentale come terzo livello basandoci sui risultati dell’analisi della letteratura e dei focus group. In questo modo, abbiamo fondato il nostro modello su un framework noto sia nell’ambito della ricerca che in ambito pratico, adattandolo alle esigenze di I4.0.

Optare per un framework già esistente offre diversi vantaggi, in quanto fornisce uno stato dell’arte della struttura dei modelli di competenze non solo elencando le competenze di riferimento, ma anche mostrando le relazioni tra queste. Essendo suddetto framework utilizzato sia nella ricerca che nella pratica, il nostro contributo fornisce un duplice contributo. Poiché molte imprese lo applicano per realizzare il proprio profilo di competenze, questo modello fornisce l’opportunità di comparare i nostri risultati con la realtà dei profili delle imprese.

2.3. Industry 4.0

La I4.0, conosciuta anche come la quarta rivoluzione industriale, è uno dei dieci progetti per il futuro del piano d’azione High-Tech-Strategy 2020 presentato per la prima volta dal governo tedesco alla Hannover-Messe nel 2011 [1]. L’obiettivo è quello di contribuire a una produzione più efficiente, flessibile e personalizzata, raggiungibile attraverso una decentralizzazione del controllo della produzione e di catene di valore controllate in modo digitale [4] o anche auto-organizzate, in cui l’automazione, il tempo reale e le tecnologie dei sensori giocano un ruolo cruciale [1]. “Platform Industria 4.0” [38] definisce la I4.0 in questo modo:

“La quarta rivoluzione industriale, il prossimo passaggio nell’organizzazione e nel controllo dell’intero flusso di valore lungo il ciclo di vita di un prodotto [...] basato sui desideri crescenti di personalizzazione dei consumatori e che riguarda l’idea, l’ordine, lo sviluppo, la produzione e la consegna del prodotto al consumatore finale, attraverso il riciclo e i servizi connessi. La disponibilità di tutte le informazioni rilevanti in tempo reale attraverso la rete di tutti le parti coinvolte nella creazione di valore, così come l’abilità di generare il miglior flusso di valore dai dati in ogni istante. Connettere persone,

oggetti e sistemi consente la creazione di reti di valore dinamiche, auto-organizzate, trasversali, ottimizzate in tempo reale che possono essere ottimizzate secondo una varietà di criteri quali i costi, la disponibilità e i consumi delle risorse”.

Occorre sottolineare che il termine I4.0 è diffuso nei paesi di lingua tedesca. Tuttavia, concetti e visioni simili sono spesso espressi mediante un altro termine nel contesto internazionale. Ad esempio, I4.0 è conosciuto con il termine “Industrie du futur” in Francia, o come “Industrial internet” [39], “Internet of things”, “Internet of everything”, “Smart Factory” o “Digital transformation” [40, 41]. Tutte queste espressioni fanno riferimento all’uso dell’automazione, alla produzione in tempo reale, ai sensori e ad altre tecnologie moderne che trasformano i processi di business e ottengono un valore di mercato, pur essendo leggermente differenti l’uno dall’altro sotto diversi aspetti. Nell’ambito di questo studio, faremo riferimento al concetto tedesco di I4.0 così come descritto sopra.

3. Metodologia

3.1. Literature review

Al fine di definire le competenze della I4.0 è stata condotta un’analisi sistematica della letteratura che offre una precisa rassegna dei risultati della ricerca sul tema [42], utilizzando un approccio concetto-centrico secondo le raccomandazioni di Webster e Watson [43]. L’obiettivo principale della literature review è stato quello di identificare, classificare e riassumere le competenze relative alla I4.0 definite in letteratura.

Seguendo le linee guida di Webster e Watson [43] il presente studio è stato eseguito ricercando i seguenti termini: “Industrie 4.0”; “Industry 4.0”; “Digital Transformation”; “Internet of Things”; “IoT”; “Cyber Physical Systems”; “CPS” e combinando ciascuno di questi con i termini “competence”, “competency”; “skill”; “knowledge”; “attitude”; “ability”; “value”; “education”. L’obiettivo è stato quello di condurre una ricerca esaustiva della letteratura per avere una panoramica completa dello stato dell’arte relativamente alle competenze della I4.0.

I database scelti sono stati ACM Digital Library, IEEE, Springer e EbscoHost ⁽³⁾ poiché essi contengono pubblicazioni nei settori IS, IT, economici e ingegneristici, così come diversi contenuti di scienze dell'educazione, tra cui conferenze come EDUCON, REV, ICL e Frontiers in Education, che spesso trattano tematiche attuali, quale quella oggetto del presente studio. La ricerca ha considerato tutti gli articoli pubblicati fino ad agosto 2016. Tutte le voci sono state dapprima vagliate a partire dal titolo e dall'abstract. In una seconda fase, sono stati analizzati gli interi articoli. Inoltre, è stata condotta una ricerca con Google Scholar al fine di individuare articoli rilevanti tratti da conferenze e riviste non incluse nei database menzionati. Gli articoli sono stati poi suddivisi per rilevanza, analizzando le prime 30 voci per ogni stringa di ricerca. Seguendo le raccomandazioni di Webster e Watson [43], per ogni articolo sono stati ricercati gli studi precedenti e successivi dello stesso autore. Gli articoli che non includevano competenze concrete sono stati esclusi dall'analisi. In totale si sono raccolte 3363 voci attraverso i database e, dopo la prima scrematura, il numero di articoli da analizzare si è ridotto a 26. Sono stati scelti solo contributi nei quali sono menzionate esplicitamente le competenze. Alla fine del lavoro sono stati selezionati per ulteriori analisi un totale di 17 articoli che menzionano competenze per la I4.0 o concetti simili come l'IoT.

Poiché il tema è nuovo, esiste poco materiale scientifico a riguardo. Tuttavia, la literature review elaborata è utile per riassumere lo stato dell'arte prima di raccogliere ogni ulteriore dato. Il tema ha una elevata rilevanza pratica e per tale ragione è discusso ampiamente nei manuali operativi. Seguendo le raccomandazioni di Levy e Ellis [44] si sono altresì considerati gli articoli di taglio più operativo, i libri bianchi e i report che propongono competenze per la I4.0. Questi ultimi sono stati individuati attraverso una ricerca Google che ha fatto sì che altri 10 articoli fossero inclusi nell'analisi. In totale sono stati quindi analizzati 27 articoli, considerando sia quelli scientifici che quelli divulgativi.

Da ciascun articolo sono state estratte le competenze menzionate ed è stata costruita una matrice concettuale come proposto da Webster e Watson [43]. Se la medesima competenza era menzionata mediante un

⁽³⁾ I database EbscoHost usati sono: Business Source Premier, EconLit, Information Science & Technology Abstracts, Education Source, ERIC, Business Source Complete.

sinonimo in articoli diversi, come ad esempio “smart data” e “big data”, si è considerata un’unica competenza utilizzando il termine più diffuso.

3.2. Focus Group

Al fine di verificare ed ampliare la literature review, sono state condotte una serie di interviste nell’ambito di focus group, come raccomandato da Krueger e Casey [45]. Si sono svolti un totale di quattro focus group con 18-25 partecipanti della durata media di 45 minuti. I partecipanti sono ricercatori con esperienza nel mondo delle imprese o con diversi anni d’esperienza nell’insegnamento universitario nelle aree disciplinari di IT, IS, economia e ingegneria. Il gruppo è stato composto in questo modo poiché i ricercatori conoscono le competenze individuate e l’applicazione. Molti di loro sono anche coinvolti in attività di ricerca e per questo consapevoli di I4.0, della sua rilevanza e dell’importanza di costruire competenze per i lavoratori del futuro. Tre focus group hanno incluso ricercatori di diversi Paesi della regione EMEA, ad esempio Germania, Austria, Olanda ed Egitto e si sono svolti presso la Technical University di Monaco durante seminari di formazione per ricercatori interessati alle nuove tecnologie applicate a fini formativi, riguardando anche la trasformazione digitale, I4.0 e IoT. L’ultimo focus group ha incluso professori e ricercatori provenienti da Germania, Austria e Svizzera ed è stato condotto durante un seminario in un’azienda tedesca di software che aveva come scopo, tra gli altri, la discussione sulle sfide e sulle tecnologie che dovrebbero essere applicate oggi in ambito formativo. Implementare una struttura seminariale è stato utile poiché ogni gruppo conosceva già l’altro e ciò ha permesso di costruire un clima positivo che ha influenzato la discussione. I partecipanti hanno altresì avuto tempo di discutere e riflettere sui temi connessi a I4.0 durante i seminari, e per questo si era ben predisposti mentalmente per una discussione e per la condivisione di idee. Data la dinamicità del gruppo e l’impostazione seminariale, si è deciso di limitare la partecipazione ai focus group ai ricercatori e ai professori, poiché molti di loro possedevano già un background pratico derivante da precedenti occupazioni. Tutti i focus group sono stati moderati dalla stessa persona, ossia uno dei co-autori di questo articolo. Si sono utilizzate le stesse linee guida semi-strutturate in ogni focus group per assicurare la comparabilità dei risultati ed è stata applicata la

Critical Incident Technique [46, 47] al fine di estrapolare le competenze per I4.0. Ai partecipanti sono stati mostrati scenari di lavoro e prodotti di I4.0 e in seguito sono state poste domande riguardo le competenze che i lavoratori dovrebbero avere per lavorare in modo efficiente nei suddetti scenari.

Il focus group è stato registrato e trascritto e poi le trascrizioni sono state codificate utilizzando il software MAXQA, combinando un approccio di codifica induttivo e deduttivo. Ciò significa che sono state utilizzate le competenze della letteratura come codici e si sono vagliate le trascrizioni mediante questi. Se una nuova competenza era menzionata in un focus group che non era parte dei codici, la si è utilizzata come nuovo codice, ossia come nuova competenza nella lista. La codifica è stata condotta due volte da due diversi ricercatori e i codici sono stati in ultimo comparati tra loro e le differenze discusse fino ad ottenere una comune decisione, dopo la quale il codice è stato accettato.

4. Risultati

4.1. Risultati dalla letteratura

Sulla base della letteratura sono state ottenute 64 competenze, molte delle quali sono comportamentali, a conferma dell'importanza di competenze di questo tipo per I4.0. Le competenze maggiormente menzionate sono riportate nella figura 1B.

Diversi autori sottolineano come la comunicazione sia una delle competenze chiave richieste ai laureati [1, 2, 6, 7, 9, 13, 48-53]. Altri vanno oltre, mettendo in relazione le competenze comunicative [9, 50] con altre competenze come la scrittura, competenze tecniche, competenze interculturali [9, 13, 50] e abilità nelle presentazioni [54]. Competenze relazionali come la collaborazione [2, 7, 49, 54, 55], la capacità di giungere a compromessi [9] e la negoziazione [54], combinate con l'intelligenza emotionale giocheranno un ruolo centrale in I4.0, poiché ritenute importanti nel lavoro di gruppo [7, 9, 48, 49, 51], nel project management [52, 53] e nella capacità manageriale [6], nell'orientamento al cliente [2, 13], nel mantenere i rapporti con essi [2, 56] e nel creare nuove reti commerciali [2, 56]. Il lavoro e la collaborazione diventeranno più complessi, per questo I4.0 richiederà

laureati con competenze di analisi come il problem solving [2, 4, 6, 7, 9, 15, 49, 55], l'ottimizzazione [2, 4], le competenze analitiche [9, 12, 57] e le abilità cognitive [55]. Per essere in grado di coordinare tali competenze, è cruciale essere in grado di governare la complessità [2, 9] ed avere capacità di astrazione [6, 9, 15]. I laureati nell'era della I4.0 dovranno possedere competenze decisionali [1, 2, 6, 55, 58] e di leadership che dovrebbero essere combinate con una serie di principi e valori insieme a competenze come il rispetto dell'etica [51], la coscienza dell'ambiente [52, 53] e la conoscenza dell'ergonomia [48].

I4.0 comporterà ambienti di lavoro dinamici, internazionali e interdisciplinari, per questo le competenze come il lavoro in ambienti interdisciplinari [2, 4, 7, 12, 48, 51, 54], flessibilità [9], adattabilità [48, 49] così come l'innovatività [2, 14], la creatività [7, 9, 14, 49], il pensiero critico [49] e la gestione del cambiamento [56] acquisteranno nuova importanza. Per essere in grado di adattarsi alle tecnologie più recenti e ottenere il massimo da esse, i laureati dovranno applicare strategie di formazione continua [4, 9, 12, 49, 50, 51, 54] e la gestione della conoscenza [48, 49] restando focalizzati sulla strategia di mercato [3], condizionando sempre più i modelli di business [3, 54] con lo spirito di imprenditorialità [49]. L'ambiente di lavoro richiederà impegno, per questo il laureato dovrà trovare un equilibrio tra vita e lavoro [9] e questo richiede competenze di auto-organizzazione così come di pianificazione delle proprie attività [1, 6, 48, 49]. Inoltre dovrebbe avere consapevolezza della normativa [48, 52, 53], delle norme sulla sicurezza [51, 57] e delle regole in materia di responsabilità individuali [6].

Oltre alle competenze comportamentali fin qui menzionate, i laureati devono inoltre possedere competenze legate al loro settore così come l'abilità di saperle applicare alla tecnologia. In quest'area tutti devono avere un'affinità con la tecnologia e il mondo IT [2, 4, 9, 12, 13, 48, 56, 57], conoscenze economiche [52, 53] e capacità di generare valore di mercato dall'utilizzo dei social media [9, 56]. I laureati IS dovrebbero possedere conoscenze nell'orientamento dei servizi e nell'offerta dei servizi [2, 3, 56, 59], nei processi di business [2, 3, 9, 48, 54] e in materia di cambiamento organizzativo [56]. I laureati IT invece dovrebbero possedere conoscenze nell'ambito della sicurezza informatica, che include sia dati che reti [2, 3, 51, 56, 59], e, lavorando con gli ingegneri, entrambi i gruppi dovrebbero contribuire all'integrazione di tecnologie eterogenee [52, 53], sviluppare

conoscenze rispetto a tecnologie mobili [56], sistemi integrati, sensori [51], tecnologie di rete e comunicazione M2M [2-4, 9, 54, 59] così come possedere conoscenze di robotica e intelligenza artificiale [2, 12, 57]. Inoltre, i laureati IT e IS dovrebbero possedere conoscenze di programmazione e modellizzazione [9, 12, 48, 58, 60], di cloud computing [2, 56, 59] e di architetture cloud, di in-memory DB [56] e di statistica [48]. Per entrambi i gruppi saranno di grande importanza conoscenze in merito ai big data, relativamente alla loro analisi e interpretazione [2, 3, 9, 12, 48, 54, 56, 61].

4.2. Risultati dei focus group

La competenza più menzionata nei focus group è quella relativa ai big data. “Penso che essa sia relativa a tutte le differenti tipologie di dati, sia dati geografici che dati video, immagini, tutti i dati ERP, dati strutturati e non strutturati come Facebook ecc.”. “L’utilizzo di big data anonimizzati e dati per anticipare eventi di mercato micro e macro”. I partecipanti vedono questo ambito come il più importante e credono che per avere successo in I4.0 sia importante possedere una combinazione di competenze di big data con quelle relative ai sensori e alla tecnologia mobile, così come con la manutenzione predittiva e il machine learning.

La successiva competenza maggiormente menzionata è la conoscenza dei processi e della loro gestione. Di fatto, i processi sono un elemento centrale in I4.0, in particolare considerando il ruolo dell’automazione. I partecipanti hanno sottolineato inoltre che giocheranno un ruolo importante le conoscenze dei modelli di business e l’imprenditorialità, vista la trasformazione dei modelli che I4.0 comporta. I lavoratori di domani dovranno essere preparati ad utilizzare i vantaggi delle tecnologie avanzate ed adattarle ad un mondo che cambia velocemente. “La domanda è: quale potenziale porta con sé la digitalizzazione e quali nuovi servizi fondati su questa possono essere offerti?”

I partecipanti inoltre hanno posto l’attenzione sul fatto che competenze interdisciplinari giocheranno un nuovo ruolo in I4.0. Un ingegnere collaborerà con uno specialista IT o IS al fine di raggiungere risultati in un ambiente interconnesso. Nella discussione hanno avuto uno spazio importante anche competenze di settore e orientate all’analisi come IT, amministrazione di rete, architetture cloud per la sicurezza dei dati,

programmazione, in-memory DB. “Per dare una idea, ci si muove nel mondo e nella Industry 4.0, e ci sono tantissimi sensori”. “In futuro, le persone con un expertise tecnico dovranno sapere come elaborare sistemi”.

In ultimo, i partecipanti hanno anche menzionato ulteriori competenze come l’orientamento al cliente, la capacità di prendere decisioni, la comunicazione, l’innovatività, conoscenze normative, l’etica e il lavoro in team. “Io non devo conoscere l’intero background tecnico ma devo essere capace di prendere decisioni” “...dovremmo proporre lavori di gruppo, così i partecipanti imparano a comunicare e a lavorare in team”.

Mediante la comparazione con la letteratura è stato poi possibile individuare quattro nuove competenze che sono state menzionate nei focus group ma che non hanno trovato riscontro nella ricerca: gestione dei rapporti con i clienti, architetture IT, machine learning e manutenzione predittiva. Le competenze nel campo della leadership, come la capacità di persuasione o di influenza nella negoziazione e l’utilizzo dell’intelligenza emozionale sono spesso menzionate e analizzate nella letteratura, ma non sono emerse durante i focus groups, durante i quali sono state elencate soprattutto competenze astratte, con meno dettagli rispetto a quanto emerso dall’analisi della letteratura.

4.3. Sviluppo del modello

Il modello SHL UCF sviluppato da CEB Inc. si fonda su un approccio verso le competenze diverso da quello presente in letteratura e nella pratica [35]. Esso offre un approccio comportamentista per i modelli di competenze focalizzandosi sull’individuo e considerando le competenze di natura comportamentale, ossia quelle che possono essere sia apprese che adattate (es. la personalità). In termini di framework, questo modello offre una struttura e una panoramica delle competenze, inserendole all’interno di categorie descrittive [62] e può essere utilizzato per sviluppare ulteriori modelli di competenza che rappresentano una visione descrittiva e semplificata delle competenze come fenomeno specifico da analizzare [62]. Il modello SHL UCF è ampiamente utilizzato nella pratica e molte imprese lo utilizzano per descrivere i loro modelli di competenze per le posizioni lavorative aperte [26].

Come descritto in precedenza, il modello si compone di tre diversi livelli gerarchici: il “Great Eight”, le dimensioni e le componenti delle competenze. Si è mantenuta la struttura e la relazione tra gli elementi e adattato il terzo livello di competenze sulla base dei risultati della ricerca. Il framework prevede quindi 112 competenze singole, di cui 68 considerate rilevanti per I4.0. Sulla base dei risultati della literature review e dei focus group, si sono espanse alcune delle singole competenze o si è adattata la loro formulazione ai fini della ricerca. Per ogni competenza si è proceduto ad una suddivisione tematica a seconda che questa fosse rilevante per laureati IS, IT o in ingegneria o, in alternativa, se fosse considerabile quale competenza interdisciplinare appartenente a due o tre delle aree menzionate. Tale processo di suddivisione è stato condotto in modo separato da due ricercatori e poi confrontato tra loro e, in caso di disaccordo, l’assegnazione all’area è stata discussa finché non si è raggiunto il consenso.

Il risultato mostra che la maggior parte delle competenze dovrebbe essere utilizzata da tutti e tre i gruppi di laureati. Queste competenze, come le competenze decisionali e il lavoro di gruppo, sono evidenziate in grigio. Ciò significa che i lavoratori del futuro, indipendentemente dalla loro posizione, dovrebbero possedere un elevato livello di competenze comportamentali per lavorare con successo in I4.0. Solo le competenze classificate come “Tecnologia e applicazione specifica” hanno tre varianti. Questa dimensione delle competenze fa riferimento al settore specifico.

Alcune competenze di questo tipo sono anche categorizzate per due o più gruppi di laureati, ad esempio manutenzione predittiva sarà una competenza necessaria sia ai laureati IT che agli ingegneri, mentre Big Data sarà necessaria non solo agli IS ma anche agli IT. I laureati in economia che seguono un percorso di carriera orientato a profili tecnici, dovranno sviluppare competenze simili ai laureati IS, avendo queste discipline elementi simili. Questa riflessione mostra ancora una volta come il lavoro nell’era della I4.0 sarà interconnesso e per questo competenze come il lavoro interdisciplinare, la collaborazione, la comunicazione e il lavoro in team avranno un ruolo preminente.

Il modello è presentato nella figura 2. Per ogni gruppo di lavoratori si può seguire la carriera e individuare tutte le competenze senza aspettarsi che un lavoratore in un gruppo debba possedere tutte le competenze. Per tale ragione, una combinazione delle competenze, a seconda della posizione, definirà un diverso profilo professionale per

I4.0. Per esempio, un profilo di competenze proprio di un data scientist responsabile dell'estrazione, modellizzazione e visualizzazione dei dati prodotti da un certo sensore in I4.0 può essere definito da competenze concrete di estrazione dall'area IS, come assumersi responsabilità, analisi e interpretazione di big data, competenze analitiche, abilità cognitive, creatività e pensiero critico. Seguendo questo schema possono essere definiti diversi profili per differenti professioni.

Big Eight	Competency Dimensions	Competencies		
		Information Systems (IS)	Computer Science	Engineering
Leading & Deciding	<i>Deciding and Initiating Action</i>		<ul style="list-style-type: none"> Decision Making Taking Responsibility 	
	<i>Leading and Supervising</i>		<ul style="list-style-type: none"> Leadership Skills 	
Supporting and Cooperating	<i>Working with People</i>		<ul style="list-style-type: none"> Teamwork Collaborating with Others Communicating with People 	
	<i>Adhering to Principles and Values</i>		<ul style="list-style-type: none"> Respecting Ethics Environmental Awareness Awareness for Ergonomics 	
Interacting and Presenting	<i>Relating and Networking</i>		<ul style="list-style-type: none"> Compromising Creating Business Networks Maintaining Customer Relationships 	
	<i>Persuading and Influencing</i>		<ul style="list-style-type: none"> Negotiating Emotional Intelligence 	
	<i>Presenting and Communicating Information</i>		<ul style="list-style-type: none"> Presentation and Communication Ability 	
Analyzing and Interpreting	<i>Writing and Reporting</i>		<ul style="list-style-type: none"> Targeted/Technical Communication Literacy 	
			<ul style="list-style-type: none"> IT and Technology Affinity Economics Extract Business Value from Social Media 	
		<ul style="list-style-type: none"> Service Orientation/Product Service Offerings Business Process Management Business Change Management Understand and Coordinate Workflows 	<ul style="list-style-type: none"> Network Security IT Architectures Machine Learning 	
	<i>Applying Expertise and Technology</i>		<ul style="list-style-type: none"> System Development Integrating Heterogeneous Technologies Mobile Technologies Sensors/Embedded Systems Network Technology /M2M Communication Robotics/Artificial Intelligence Predictive Maintenance 	
		<ul style="list-style-type: none"> Modelling and Programming Big Data/Data Analysis and Interpretation Cloud Computing /Architectures In-Memory DBs Statistics Data Security 		
	<i>Analyzing</i>		<ul style="list-style-type: none"> Problem Solving Optimization Analytical Skills Cognitive Ability 	
Creating and Conceptualizing	<i>Learning and Researching</i>		<ul style="list-style-type: none"> Life-long Learning Knowledge Management 	
	<i>Creating and Innovating</i>		<ul style="list-style-type: none"> Innovating Creativity Critical Thinking Change Management 	
	<i>Formulating Strategies and Concepts</i>		<ul style="list-style-type: none"> Business Strategy Abstraction Ability Managing Complexity 	
Organizing and Executing	<i>Planning and Organizing</i>		<ul style="list-style-type: none"> Project Management Planning and Organizing Work Management Ability 	
	<i>Delivering Results and Meeting Customer Expectations</i>		<ul style="list-style-type: none"> Customer Orientation Customer Relationship Management 	
	<i>Following Instructions and Procedures</i>		<ul style="list-style-type: none"> Legislation Awareness Safety Awareness Individual Responsibility 	

<i>Big Eight</i>	<i>Competency Dimensions</i>	<i>Competencies</i>		
		<u>IS/Economics</u>	<u>IT/Computer Science</u>	<u>Engineering</u>
Adapting and Coping	<i>Adapting and Responding to Change</i>		<ul style="list-style-type: none"> • Work in Interdisciplinary Environments • Intercultural Competency • Flexibility • Adaptability and Ability to Change Mind-set 	
	<i>Persuading and Influencing</i>		<ul style="list-style-type: none"> • Work-Life Balance 	
Enterpriseing and Performing	<i>Achieving Personal Work Goals and Objectives</i>		<ul style="list-style-type: none"> • Self-management and -organization 	
	<i>Entrepreneurial and Commercial Thinking</i>		<ul style="list-style-type: none"> • Business Model Understanding • Entrepreneurship 	

Fig 2: “Industrie 4.0” Competency Model (Source: Own representation with regards to [35])

5. Discussione e limiti

Nell’ambito della presente ricerca si è utilizzato lo schema SHL UCF [35] per sviluppare un modello di competenze. Molte delle competenze definite non sono nuove, tuttavia la combinazione specifica presentata per I4.0 è innovativa e fornisce un contributo alla ricerca in quest’ambito, enfatizzando l’importanza delle competenze dei lavoratori per affrontare con successo la trasformazione verso l’I4.0. Il risultato della literature review e le discussioni dei focus group hanno fatto emergere la necessità di competenze comportamentali e solo marginalmente a settori specifici. Anche questo è un aspetto nuovo rispetto alla costruzione delle competenze e sottolinea i cambiamenti che I4.0 porterà nel modo in cui lavoriamo. I posti vacanti nell’economia attuale spesso si concentrano su un dominio specifico di conoscenza e comprendono solo competenze comportamentali, come il lavoro in team o l’autonomia. La stessa situazione si presenta se si analizzano i percorsi universitari, essendo il loro focus sullo sviluppo di conoscenze settoriali, mentre la formazione delle altre competenze si limita a lavori di gruppo o presentazioni. Questi esempi dimostrano come la conoscenza settoriale sia al centro dell’economia di oggi e come I4.0 rivoluzionerà l’ambiente di lavoro. Infatti le competenze comportamentali saranno le più importanti e per questo la ricerca dovrebbe analizzare come i profili di competenze dei lavoratori, così come degli studenti, possano adattarsi a I4.0. Questo può includere la definizione dei requisiti dei percorsi universitari e dei programmi di

formazione per I4.0 e la concettualizzazione e la definizione di strategie formative.

Se consideriamo l'economia e le discipline di oggi, vi è una netta distinzione tra le competenze che lavoratori di diversi settori devono avere. Se, per esempio, facciamo riferimento all'IT, si tende a collegare un determinato profilo professionale e un set di competenze che è completamente diverso da quello del profilo di un IS o di un ingegnere. Il presente studio dimostra che in futuro, le competenze da possedere saranno molto simili e si differenzieranno unicamente rispetto ai settori specifici. Questo può essere un ulteriore spunto di ricerca per esaminare modalità di insegnamento interdisciplinari.

La literature review ha dimostrato inoltre che gli studi sulle competenze di I4.0 siano piuttosto limitati. I lavori analizzati sottolineano soprattutto il fatto che l'ambiente di lavoro cambierà, anche se non viene proposta una visione concreta per i modelli di competenze applicabili. Attraverso questo lavoro abbiamo prodotto un iniziale contributo che può essere espanso per altre professioni che richiedono una formazione terziaria.

Questa ricerca ha anche delle ricadute pratiche poiché il modello presentato può essere utilizzato nelle imprese e nelle università. Le imprese possono usarlo per definire i profili dei posti vacanti per I4.0. Non ci si può aspettare che un lavoratore possieda tutte le competenze incluse nel modello, tuttavia attraverso la combinazione di alcune di queste, a seconda della posizione, possono essere descritti diversi profili. I risultati, inoltre, possono essere utilizzati nella costruzione di programmi scolastici basati sulle competenze.

Sussistono dei limiti nel nostro studio che lo rendono il punto di partenza per ulteriori ricerche. L'analisi si è basata sulla literature review e sui focus group con personale universitario. La prima si è limitata ai database che l'università possedeva e per completare la ricerca è stato necessario aggiungere con ulteriori contributi, in particolare atti di conferenze e dati empirici come focus group o interviste ad esperti. Riconosciamo che sono necessarie ulteriori analisi nel campo delle competenze per I4.0 per approfondire ulteriori aspetti delle competenze così come per definire un profilo di competenze per altri profili, come ad esempio quella del programmatore.

Riferimenti bibliografici

1. Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J.: Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Report, Industry 4.0 Working Group (2013)
2. acatech, Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik, equeo GmbH: Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0. Report (2016)
3. Zinn, B.: Conditional variables of 'Ausbildung 4.0'. JOTED 3, 1-9 (2015)
4. Gebhardt, J., Grimm, A., Neugebauer, L.M.: Developments 4.0 Prospects on future requirements and impacts on work and vocational education JOTED 3, 117-133 (2015)
5. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BAS):. Arbeiten 4.0. Report, BAS (2015)
6. Smit,J., Kreutzer,S., Möller,C.,Carlberg,M.:Industry4.0.Report. European Parliament (2016)
7. Richter, A., Heinrich, P., Stocker, A., Unzeitig, W.: Der Mensch im Mittelpunkt der Fabrik von morgen. HMD 52, 690-712 (2015)
8. Jaschke, S.: Mobile Learning Applications for Technical Vocational and Engineering Education. In: Int. Conf. on Interactive Collaborative Learning, pp. 603-608. Dubai (2014)
9. Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Sihm, W.: Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. In: Conf. on Lear. Fact. Gjøvik, pp. 1-6. Norway (2016)
10. McKinsey&Company: Industry 4.0 – How to navigate digitization of the manufacturing sector. Report, McKinsey&Company (2015)
11. Deloitte: Making in an Industry 4.0 World. Report, Deloitte (2015)
12. The Boston Consulting Group: Man and Machine in Industry 4.0. Report, BCG (2015)
13. Guo, Q.: Learning in a Mixed Reality System in the Context of ,Industrie 4.0'.JOTED 3, 92-115 (2015)
14. Stocker, A., Brandl, P., Michalczuk, R., Rosenberger, M.: Mensch-zentrierte IKT-Lösungen in einer Smart Factory. Elektrotechnik und Informationstechnik 2014, 207-211 (2014)
15. Windelband, L.: Zukunft der Facharbeit im Zeitalter „Industrie 4.0“. JOTED 2, 138-160 (2014)
16. Richert, A., Shehadeh, M., Plumanns;, L., Groß;, K., Schuste, K., Sabina Jeschke: Educating Engineers for Industry 4.0. Global Eng. Education Conference, Abu Dhabi (2016)
17. Deist, F.D.L., Winterton, J.: What Is Competence? Human Res. Dev. Int. 8, 27-46 (2005)
18. McClelland, D.: Testing for Competence Rather Than for “Intelligence”. America Psychologist 28, 1-28 (1973)

19. Klemp, G.: The assessment of occupational competence. Report. Nat. Inst. of Edu. (1980)
20. Spencer, L., Spencer, S.: *Competence at Work: Model for Superior Performance*. John Wiley & Sons, New York (1993)
21. Bartram, D., Robertson, I.T., Callinan, M.: Introduction. A framework for examining organizational effectiveness. In: Robertson, I.T., Callinan, M., Bartram, D. (eds.) *Organizational Effectiveness. The Role of Psychology*, pp. 1-10. John Wiley & Sons, Baffins Lane, Chicheser, UK (2002)
22. Boyatzis, R.E.: *The Competent Manager*. Wiley, New York (1982)
23. Frank, E.: The UK's Management Charter Initiative: the first three years. *Journal of European Industrial Training* 17, 9-11 (1991)
24. Miller, L.: Managerial competences. *Industrial and Commercial Training* 23, 11-15 (1991)
25. Straka, G.A.: Measurement and evaluation of competence. Report, Cedefop (2004)
26. Kleindauer, R., Berkovich, M., Gelvin, R., Leimeister, J.M., Krcmar, H.: Towards a competency model for requirements analysts 395 1.2. *Inf.Sys.Jor.*2012, 475-503 (2012)
27. Kurz, R., Bartram, D.: Competency and individual performance. In: Robertson, I.T., Callinan, M., Bartram, D. (eds.) *Organizational Effectiveness*. pp. 227-255. Wiley, UK (2002)
28. Mirabile, R.L.: Everything you wanted to know about competency modeling. *Training and Development* 73-77 (1997)
29. Lucia, A.D., Lepsinger, R.: *The art and science of competency models: Pinpointing critical success factors in organizations*. Jossey – Bass/Pfeiffer, San Francisco (1999)
30. Markus, L., Cooper-Thomas, D., Allpress, N.: Confounded by Competencies? *New Zealand Journal of Psychology* 34, 117-126 (2005)
31. Erpenbeck, J., Rosenstiel, L.: *Handbuch Kompetenzmessung*. Schäffer Poeschel (2007)
32. Egeling, A., Nippa, M.: Kompetenzbedarfe im Kontext hybrider Wertschöpfung. In: Reichwald, R., Krcmar, H., Nippa, M. (eds.) *Hybride Wertschöpfung*. Eul, J, Germany (2009)
33. Basellier, G., Reich, B.H., Benbasat, I.: Information Technology Competence of Business Managers: A Definition and Research Model. *Jour of Mgm. Inf. Systems* 17, 159-182 (2001)
34. CEB Inc., <http://www.shl.com> (Accessed: 22.07.2016)
35. Bartram, D.: The great eight competencies: a criterion-centric approach to validation. *Journal of Applied Psychology* 90, 1185-1203 (2005)
36. Bartram, D.: *The SHL Universal Competency Framework*. Report, SHL Group (2011)
37. Iliescu, D.: *Competence assesment practices in SHL*, SHL Group (2012)

38. bitcom, VDMA, ZWEI: Implementation Strategy Industrie 4.0. Report, bitcom, VDMA, ZWEI (2016)
39. Grangel-González, I., Halilaj, L., Coskun, G., Auer, S., Collarana, D., Hoffmeister, M.: Towards a Semantic Administrative Shell for Industry 4.0 Components. arXiv (2016)
40. Roth, A.: Industrie 4.0 – Hype oder Revolution? In: Roth, A. (ed.) Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0, pp. 1-15. Gabler Verlag, Berlin
41. Obermaier, R.: Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe. In: Obermaier, R. (ed.) Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe, pp. 3-34. Gabler, Berlin (2016)
42. vom Brocke, J., Simons, A., Niehaves, B., Riemer, K., Plattfaut, R., Cleven, A.: Reconstructing the Giant. In: ECIS, pp. 2206-2217. Verona (2009)
43. Webster, J., Watson, R.T.: Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. MIS Quarterly 26, xiii-xxiii (2002)
44. Levy, Y., Ellis, T.J.: A Systems Approach to Conduct an Effective Literature Review in Support of Information Systems Research. Informing Science 9, 181-212 (2006)
45. Krueger, R.A., Casey, M.A.: Focus groups. Thousand Oaks: Sage (1994)
46. Flanagan, J.C.: The critical incident technique. Psychological Bulletin 51, 327-358 (1954)
47. Koch, A., Stroebel, A., Kici, G., Wesrhoff, K.: Quality of the Critical Incident Technique in practice. Psychology Science Quarterly 2009, 3-15 (2009)
48. VDI & ASME: Industry 4.0. Report, VDI & ASME (2015)
49. Kiesel, M., Wolpers, M.: Educational challenges for employees in project-based Industry 4.0 scenarios. i-KNOW, Graz, Austria (2015)
50. Xia, S.: Training Programs for Excellent Engineers with Engineering of Internet of Thing. In: Int. Symposium on IT in Medicine and Education, pp 610-615. Cuangzhou (2011)
51. Grega, W., Kornecki, A.J.: Real-Time Cyber-Physical Systems-Transatlantic Engineering Curricula Framework. In: Conf. on Comp. Sc. and Inf. Sys., pp. 755-762. Gdansk (2015)
52. Grimheden, M.E., Törgren, M.: Towards curricula for Cyber-Physical Systems. In: Workshop on Embedded and Cyber-Physical Systems Education, New Delhi, India (2014)
53. Maenpaa, H., Tarkoma, S., Varjonen, S., Vihavainen, A.: Blending Problem and Project Based Learning in IoT Education. In: Tech.Sym. on Com. Sc. Ed., pp. 398-403. USA (2015)
54. Roland Berger Strategy Consultants: Industry 4.0. Report, Roland Berger (2014)
55. Gray, A. <https://www.weforum.org> (Accessed: 22.07.2014)

56. Hoberg, P., Krcmar, H., Oswald, G., Welz, B.: Skills for Digital Transformation. TUM(2015)
57. Hartmann, E.A., Bovenschulte, M.: Skills Needs Analysis for “Industry 4.0” Based on Roadmaps for Smart Systems. In: SKOLKOVO (ed.) (2013): Using Technology Foresights for Identifying Future Skills Needs. pp. 24-37. Moscow (2013)
58. Kortuem, G., Arosha K., Smith, N., Richards, M. Petre, M.: Educating the Internet-of-Things generation. Computer 46, 53-61 (2013)
59. Chunzhi, W., Hui, X., Xia, M.: Construction of Hardware Curriculum Group for Transition from Network to IoT Engineering Major. Int. Conf.on Com. Sc. & Ed., pp. 1575-1579. Australia (2012)
60. Chin, J., Callaghan, V.: Educational Living Labs. Int. Conf. on Intelligent Environments, pp. 92-99. Athens (2013)
61. Capgemini Consulting: Industry 4.0. Report, Capgemini Consulting (2015)
62. Frankfort-Nachmias, C., Nachmias, D., Dewaard, J.: Res.Meth. in the Soc.Sc.Palgrave (2014)

Un modello di competenze per i lavoratori di Industria 4.0 – Riassunto.

L'articolo analizza le competenze professionali dei lavoratori con un livello di istruzione terziaria nei modelli riconducibili al paradigma di Industria 4.0. Viene presentato un modello di competenze per Industria 4.0, basato su un approccio comportamentista, in tre ambiti, Sistemi Informativi, Tecnologia dell'Informazione e Ingegneria, ampliando il quadro SHL Universal Competency Framework attraverso una rassegna ragionata della letteratura e focus group con accademici. Lo studio contribuisce allo sviluppo delle conoscenze sul tema offrendo un punto di partenza per successive ricerche riguardanti le competenze dei lavoratori nel paradigma di Industria 4.0. Esso inoltre offre un contributo sul piano pratico-operativo poiché i modelli di competenza descritti possono essere applicati alle job descriptions nei modelli riconducibili a Industria 4.0.

A Competency Model for Industrie 4.0 Employees – Summary.

This paper analyzes employee competencies for employees with higher education in Industry 4.0. An Industry 4.0 competency model based on a behavioral oriented approach concerning three variants, namely Information Systems, Information Technology and Engineering is developed by extending the SHL Universal Competency Framework through a structured literature review and focus groups with academic staff. The presented study contributes to research by providing a starting-point for further research regarding employee competencies for Industry 4.0. It contributes to practice as the provided competency model can be applied to Industry 4.0 job descriptions.

L'evoluzione del mondo del lavoro e il ruolo della istruzione e formazione tecnica superiore

*Federico Butera**

Sommario: **1.** Il problema del lavoro: occupazione e qualità del lavoro. – **2.** L'Istruzione terziaria post diploma: ventisette anni di attesa. – **3.** La composizione della forza lavoro nello scenario 2017-2025: più intelligenza nel lavoro. – **4.** Le tecnologie abilitanti. – **5.** Questo futuro è già qui e si intende governarlo: i mestieri e le professioni della Industria 4.0. – **6.** I concetti chiave del lavoro del futuro. – **7.** I fattori che stanno rivoluzionando il lavoro: la gara contro le macchine si può vincere progettando nuovi sistemi produttivi. – **8.** La formazione tecnica superiore come area di formazione di professioni a banda larga. – **9.** Il potenziamento strutturale del sistema della Istruzione Superiore. – **10.** ITS e Lauree professionalizzanti.

1. Il problema del lavoro: occupazione e qualità del lavoro

La disoccupazione giovanile al 35,1% diversamente distribuita fra Nord e Sud è una delle più gravi criticità economiche e sociali del Paese (giovani under 25, dati Eurostat agosto 2017). Il 26% dei giovani sono Neet, oltre 2 milioni di giovani che non studiano e non lavorano (dati Eurostat e Ocse settembre 2017) e al Sud in una proporzione quasi doppia del Nord. La dispersione scolastica pesa per il 18% della popolazione scolastica. Infatti un giovane su quattro, tra quelli

* *Professore emerito di Scienze dell'Organizzazione, Università di Milano Bicocca; Presidente Fondazione Irso. Direttore Studi Organizzativi; federico.butera@irso.it www.irso.it.*

Una precedente versione del presente contributo è stata pubblicata negli atti del Convegno dell'Ufficio Scolastico Regionale della Lombardia "Sistema ITS: opportunità di crescita professionale e culturale nell'alta formazione tecnica", 6 marzo 2017, Palazzo Lombardia, Milano. <http://usr.istruzione.lombardia.gov.it/wp-content/uploads/2017/09/Atti.pdf>.

considerati Neet, ha alle spalle un percorso scolastico di abbandono, segno di una scuola che non orienta, non impegna, non aiuta.

La disoccupazione generale si assesta all'11,2%, ossia oltre tre milioni. Il lavoro oltre a diminuire in quantità vede rafforzare fenomeni preoccupanti di degrado. Alcune forme di lavoro sono al di sotto di una accettabile soglia di qualità della vita di lavoro: il lavoro precario; il lavoro frammentato comprato online; il lavoro comprato dai caporali come una merce sottopagata; il lavoro nero; i lavoretti della *gig economy* di Foodora o Deliveroo; il lavoro ossessionante svolto con i Google glass e le cuffie nei magazzini di Amazon. Tutto ciò ha configurato le condizioni per la creazione di una "generazione perduta", come denunciato da Mario Draghi.

Frattanto c'è un crescente *skill gap*: contemporaneamente alla disoccupazione giovanile si rileva che le imprese non trovano le persone con le competenze di qualità richieste. Si calcola che circa 150.000 posti di lavoro siano scoperti per mancanza di competenze. Le rilevazioni di Excelsior e di Isfol evidenziano che nel 2015 vi erano circa il 12-13% di posti vacanti (Excelsior); questo fenomeno potrebbe essere aggravato dal fatto che da qui al 2018 si dovrà fare fronte a un aumento della domanda di personale qualificato: per esempio architetti e ingegneri (+12,4%), assistenza alle persone (+8,4%), produzione di software, consulenza informatica (+10%), studi di architettura e ingegneria (+5%).

Ma dall'altra parte vi sono ruoli, mestieri, professioni di elevata qualità, tradizionalmente consolidati o in via di trasformazione, che spesso non hanno nomi o descrizioni plausibili, solo in alcuni casi tutelati da contratti. E altri stanno emergendo: si stima che oltre il 50% dei lavori del 2025 oggi non esistono ancora.

Che fare allora? Le riforme del mercato del lavoro sono necessarie ma non sufficienti a fronteggiare fenomeni di questa dimensione. Il lavoro è creato dalle imprese e dalle organizzazioni pubbliche e private oggi sfidate da un cambiamento economico, geo-politico, tecnologico senza precedenti. Senza innovazione tecnologica, organizzativa, gestionale, professionale si esce perdenti da una durissima competizione internazionale e non si creano posti di lavoro. E non basta creare lavori precari e lavoretti: occorre sviluppare competenze e lavori di qualità che sono una esigenza delle persone e risorse chiave per le imprese e le organizzazioni.

Occorre in primo luogo progettare e sviluppare il lavoro: *new jobs*. Il lavoro necessario per reggere la competizione internazionale, per sviluppare un'economia della terziarizzazione, per convivere e avvalersi delle tecnologie ICT: questo è certamente il lavoro della conoscenza. Ma non quello isolato delle “teste d'uovo” o quello mortificato della precarietà, bensì quello di vecchi o nuovi mestieri e professioni che fanno parte di comunità di lavoratori che impiegano ogni tipo di conoscenza generata dalla ricerca universitaria e dalle esperienze di imprese e amministrazioni in settori in tumultuosi processi di innovazione: la meccatronica, il sistema moda, la sanità, l'informatica, l'agro-alimentare, i beni culturali, ecc.

Occorre in secondo luogo potenziare di ordini di grandezza i processi di apprendimento iniziale e lungo tutto l'arco della vita: *new skills for new jobs*. Questa formazione dovrà essere aderente all'evoluzione dei prodotti e dei servizi, dei bisogni degli utenti, delle tecnologie in tumultuoso sviluppo, delle scienze che coprono sempre più ampie frontiere e che si integrano fra loro.

Nella formazione dei *knowledge workers* – ossia artisti, ricercatori, insegnanti, manager intermedi, professional, tecnici che oggi in Italia sono già oltre il 42% e in UK il 51% della popolazione lavorativa – cruciale è il ruolo della formazione secondaria superiore, soprattutto quella professionalizzante come gli Istituti tecnici e gli Istituti professionali, della formazione terziaria assicurata dalle Università e dagli Istituti Tecnici Superiori.

Questo quadro si accelera e si complica per lo sviluppo della quarta rivoluzione industriale, che si tenta di governare con il programma tedesco di *Industrie 4.0* e con il programma italiano di *Industria 4.0*. Ne parleremo nel prossimo paragrafo 4.

2. L'Istruzione terziaria post diploma: ventisette anni di attesa

In Italia la struttura e il funzionamento delle scuole secondarie superiori e delle Università, per quanto largamente migliorabili, sono quantitativamente in linea con altri paesi europei. Le università sono 95 tra pubbliche e private, e coinvolgono oltre 1 milione 600 mila studenti. Oggi l'istruzione tecnica e professionale, parallela ai licei, ha un numero di studenti quasi uguale a quello dei licei: gli studenti di Istituti tecnici sono 875.000, gli studenti di Istituti Professionali sono 545.000.

Cosa diversa sono: a) la loro relazione con il sistema della ricerca e dell'Università; b) i contenuti e la didattica. Infatti a) i rapporti delle Scuole Tecniche con le Università e i Centri di Ricerca sono flebili mentre in Germania, Svizzera, Francia esiste istituzionalmente un rapporto simbiotico; b) come scrivono Attilio Oliva e Gian Felice Rocca «l'Istruzione tecnica, tradizionale punta di eccellenza del sistema scolastico italiano, è stata soggetta negli ultimi venti anni a spinte e riforme contraddittorie che ne hanno indebolito l'offerta formativa e la capacità di attrazione per famiglie ed imprese. Una delle ragioni di questo declino è il persistere, nel nostro Paese, di una fuorviante gerarchia dei saperi tra cultura umanistica e cultura tecnico-scientifica tipica della nostra tradizione filosofica: di conseguenza si è verificata una progressiva omologazione degli istituti tecnici ai licei, la cosiddetta "licealizzazione"»⁽¹⁾.

L'Istruzione Tecnica Superiore in Italia, il canale formativo post diploma parallelo all'Università, invece vede un drammatico divario quantitativo con gli altri paesi europei. In Germania le *Fachhochschule* hanno 880.000 studenti e in Italia gli ITS (Istituti Tecnici Superiori) hanno 7.000 studenti; il titolo rilasciato dopo tre anni di corso e sei mesi di stage è pienamente equiparato alla laurea di primo livello. In Francia sono 240.000 gli iscritti al *Brevet de Technicien Supérieur* (BTS). Si comprende che *Fachhochschule* e BTS rappresentano una delle più importanti infrastrutture della competitività delle imprese e della occupabilità dei giovani in Germania e in Francia. Questi sono i numeri da cambiare.

I programmi di istruzione terziaria professionalizzante, afferma l'OCSE, «[...] sono programmi di ciclo breve (2/3 anni), utili per approfondire le conoscenze attraverso l'insegnamento di nuove tecniche e soprattutto per preparare gli studenti ad un rapido ingresso nel mondo del lavoro»⁽²⁾.

Le ragioni a favore di un miglioramento e di un rilancio dell'istruzione tecnica superiore sono varie. Ci sono ragioni economiche, come innalzare complessivamente la qualità del capitale umano, formare quadri tecnici e tecnici superiori, elevare il tasso di cultura tecnico-

⁽¹⁾ A. OLIVA, G. F. ROCCA (a cura di), *Innovare l'istruzione tecnica secondaria e terziaria. Per un sistema che connetta scuole, università e imprese*, Associazione Treille/Fondazione Rocca, 2015.

⁽²⁾ OECD, *Education at a Glance 2017: OECD Indicators*, OECD Publishing, 2017.

scientifico. Ci sono anche ragioni politiche: il famoso Libro Bianco Cresson ⁽³⁾ raccomandava la fine della contrapposizione tra cultura generale e formazione tecnico-professionale, nonché nuovi ponti tra scuola, società e impresa, quest'ultima vista senz'altro come luogo formativo. Infine ci sono ragioni strettamente educative: una scuola di massa non può non tenere conto di forme di intelligenza multiple, punti di partenza e bisogni differenziati, diversità di talenti e aspirazioni. C'è necessità quindi di offrire percorsi formativi e ambienti di apprendimento diversificati per ridurre gli abbandoni e per un più facile accesso al lavoro. Per tutto ciò occorre assicurare lo sviluppo di una dimensione culturale tecnico-scientifica, resa necessaria dai processi di globalizzazione e di innovazione scientifico-tecnologica in atto.

Il sistema produttivo ha urgente bisogno di tecnici di qualità. Unioncamere-Excelsior e Cedefop (Centro Europeo per lo sviluppo della Formazione Professionale) concordano che lo sviluppo del contesto sociale, economico e produttivo nazionale ed internazionale continua a richiedere l'impiego di tecnici intermedi, forniti di una solida base culturale e di robuste competenze tecnico scientifiche, che sappiano essere flessibili ed in grado di gestire i processi produttivi seguendone l'evoluzione e promuovendone l'innovazione in particolare nelle tecnologie intermedie (*medium tech*) su cui si basa la nostra capacità produttiva.

Nei paesi dell'area OCSE il 18% degli studenti risulta iscritto ad un ciclo di istruzione terziaria professionalizzante mentre in Italia solo l'1%. Oggi in Italia vi sono 87 ITS gestiti da fondazioni che erogano oltre 300 corsi a circa 7.000 studenti. Come abbiamo già ricordato in Germania gli allievi sono 880.000. La storia delle "Fachhochschule italiane" è antica e conviene rievocarla brevemente per spiegare il presente e sviluppare il futuro di questo importante canale formativo, evitando le vischiosità e i processi sociali e politici inibitori che ne hanno limitato lo sviluppo.

Nel 1998 il premier Romano Prodi e il ministro della Pubblica Istruzione Luigi Berlinguer avviarono un percorso per costruire in Italia qualcosa di simile alle *Fachhochschule* tedesche. Questo progetto si chiamò allora FIS (Formazione e Istruzione Tecnica Superiore) di cui

⁽³⁾ COMMISSIONE EUROPEA, *Libro bianco su istruzione e formazione Insegnare e apprendere — Verso la società conoscitiva*, Ufficio delle pubblicazioni ufficiali delle Comunità europee, 1996.

gli IFTS erano una parte. Esse dovevano essere “scuole speciali di tecnologia” che costituissero un canale formativo di livello post-secondario parallelo e non in concorrenza con i percorsi accademici. Gli ITS si ripromettevano di formare tecnici superiori in aree concordate con il sistema produttivo. Occorreva convincere tutti che non sarebbero stati una università di seconda classe e neanche che sarebbero state delle pure scuole aziendali. Occorreva mettere d'accordo un gran numero di aventi causa (Regioni, Ministeri, Università, Scuole, Confindustria, Sindacati). Berlinguer incaricò allora chi scrive che mise a punto il progetto ottenendo il consenso delle varie parti e portandolo alle deliberazioni della Conferenza Stato Regioni e poi alla emanazione della legge.

Questa ricerca-intervento durò 4 mesi, il documento fu il risultato di una raccolta e integrazione di idee e proposte e alla fine la Conferenza Stato Regioni espresse parere favorevole nella seduta del 9 luglio 1988. Gli IFTS vennero istituiti dalla L. n. 144/99, art. 69, con queste caratteristiche: la programmazione dei corsi IFTS integrati con il resto dell'offerta formativa della Regione è responsabilità delle Regioni; i contenuti sono concordati con il Ministero dell'Istruzione e con il Ministero del Lavoro.

Questo nuovo canale formativo non ebbe la diffusione che ci si aspettava. Innanzitutto l'IFTS era una frazione di quello che voleva essere il progetto iniziale, il FIS corrispondente a quello che è oggi l'ITS. In generale le imprese parteciparono poco, istruzione e università non collaborarono fra loro. L'IFTS si restrinse alla competenza di una struttura specializzata del Ministero. L'Istruzione terziaria non universitaria languì, ma non morì.

Le leggi che si sono succedute dal 2007 assegnarono un rinnovato rilievo all'istruzione e alla formazione tecnica post-secondaria, regolamentando e promuovendo iniziative di qualità in questo ambito. Si intese con ciò superare la tradizionale e perniciosa contrapposizione fra scuole “che insegnano a pensare” (ad esempio il liceo classico, le università generaliste) e scuole che “inseggano a fare” (IFP, IT), contrapposizione che le università professionalizzanti come medicina e ingegneria in parte avevano già superato.

Il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 25 gennaio 2008 stabilì le “linee guida per la riorganizzazione del Sistema di istruzione e formazione tecnica superiore e la costituzione degli Istituti tecnici superiori”. Gli obiettivi guida per la costruzione di questo

rinnovato canale formativo sono orientati ad attivare percorsi finalizzati a far conseguire una specializzazione tecnica superiore a giovani e adulti, in modo da corrispondere organicamente alla richiesta di tecnici superiori, con più specifiche conoscenze culturali coniugate con una formazione tecnica e professionale approfondita e mirata. Il DPCM specifica come i percorsi ITS debbano essere promossi da fondazioni di partecipazione.

Il Decreto Interministeriale del 7 febbraio 2013 definisce l'identità degli ITS normando le modalità con cui realizzare un'offerta coordinata a livello territoriale. Gli ITS sono definiti «istituti di eccellenza ad alta specializzazione tecnologica, la cui offerta si configura in percorsi ordinamentali (...) si collocano nel quinto livello EQF e consentono l'acquisizione di crediti riconosciuti dalle università»⁽⁴⁾.

Gli ITS così da pochi anni ripartono. Essi sono promossi e gestiti da Fondazioni che vedono la presenza di vari soggetti incluse le imprese e tendono ad aderire molto alle caratteristiche socio-economiche del territorio. I corsi hanno durata fra 4 e 6 semestri di cui il 30 % in azienda. Il corpo docente proviene per almeno il 50% dal mondo del lavoro.

Il Diploma di Tecnico Superiore, nelle intenzioni di queste nuove disposizioni, prevede che sia stata impartita agli allievi conoscenza sia pratica che teorica, completa e specializzata in uno specifico ambito lavorativo; sia stata sviluppata una gamma completa di abilità cognitive e pratiche necessarie per sviluppare soluzioni creative a problemi astratti. Il ruolo a cui il diplomato viene formato riguarda la gestione e la sorveglianza di attività in contesti di lavoro o di studio esposti a cambiamenti imprevedibili, il controllo delle prestazioni proprie e di altri (tecnico o capo intermedio).

I corsi si concludono con verifiche finali, condotte da commissioni d'esame costituite da rappresentanti della scuola, dell'università, della formazione professionale ed esperti del mondo del lavoro.

Oggi in Italia, come detto, vi sono 87 ITS gestiti da fondazioni che erogano oltre 300 corsi a circa 7.000 studenti.

Come si vede i numeri sono ancora da migliorare nettamente. Per ottenere ciò in breve tempo c'è bisogno di moltiplicare progetti di

⁽⁴⁾ Linee guida di cui all'art. 52, commi 1 e 2, della legge n. 35 del 4 aprile 2012, contenente misure di semplificazione e di promozione dell'istruzione tecnico professionale e degli Istituti Tecnici Superiori (I.T.S.), punto 4).

eccellenza, canali e iniziative di diffusione delle *best practices*, robusti network fra istituzioni educative, imprese, istituzioni. Torneremo su questo nell'ultimo paragrafo.

Una variabile chiave è aiutare i giovani e le famiglie a orientarsi e fare scelte nell'interesse dell'occupabilità e della crescita professionale e umana dei giovani che oggi frequentano le scuole secondarie superiori. I dirigenti scolastici, gli insegnanti impegnati nell'orientamento e gli insegnanti tutti delle scuole secondarie hanno una responsabilità straordinaria nel superare i pregiudizi che hanno fatto apparire alle famiglie e agli studenti l'Istruzione e la formazione tecnica un canale di seconda classe rispetto ai licei e alle università. Ma in quale mondo del lavoro entreranno questi giovani? E a fare che cosa?

3. La composizione della forza lavoro nello scenario 2017-2025: più intelligenza nel lavoro

Quale sarà il futuro del lavoro in Italia? La ricerca più aggiornata in Italia è il Delphi coordinato da Domenico De Masi ⁽⁵⁾.

Il mondo del lavoro di qui al 2025 cambierà profondamente: circa il 45-50% delle occupazioni di allora oggi non esistono. Quelle che oggi esistono saranno profondamente modificate.

In Italia le percentuali di occupati in agricoltura, industria e servizi non cambieranno molto: aumenterà invece la quota di processi e di lavoro di servizio interno alla manifattura e all'agricoltura (terziario interno).

La struttura della classe operaia invece cambierà radicalmente. Gli operai si distingueranno da una parte fra "operai residuali" che svolgono compiti ancillari alle macchine oppure che non è conveniente o possibile far fare alle macchine, uomini e donne "di fatica" spesso immigrati che svolgono lavori che nessuno vuol fare: un mondo di lavori poveri e faticosi per aree deboli del mercato del lavoro. E dall'altra da operai controllori di processi automatizzati ad alto livello di qualificazione, spesso diplomati che controlleranno il processo produttivo (fisico o informativo) assorbendo le variazioni e attivando processi di comunicazione, cooperazione, condivisione di conoscenza con altri nodi dell'organizzazione: un mondo di "operai aumentati" dal rapporto

⁽⁵⁾ D. DE MASI, *Lavoro 2025*, Marsilio, 2017.

positivo con le tecnologie, qualificati e tendenzialmente caratterizzati da occupazioni stabili o professionalizzate.

I *knowledge workers* che abbiamo già citato, i così detti lavoratori della conoscenza ossia artisti, ricercatori, insegnanti, manager intermedi, professional, tecnici che oggi in Italia sono già oltre il 42% e in UK il 51% della popolazione lavorativa, nel 2025 saliranno al 60%. Ma la loro qualificazione scolastica (lauree, diplomi di istruzione terziaria) dovrà rimontare l'attuale gap con l'Europa. In Italia i laureati sono il 25,3% dei cittadini: ultimi in Europa, dove la media è del 38,7%, e (di poco) al di sotto del target Ue fissato per il 2020 (26%).

Professional e tecnici saranno sempre meno "teste d'uovo" e sempre di più avranno ruoli caratterizzati da socialità professionale: cooperazione, condivisione delle conoscenze, comunicazione estesa, sviluppo delle comunità. Con la conoscenza lavorano anche altri soggetti che le statistiche internazionali non censiscono adeguatamente: un 10% circa di artigiani e operai specializzati con l'"intelligenza nelle mani", che adoperano conoscenze tacite, contestuali e *embodied* ossia esperite dalle abilità del corpo. Ma il loro lavoro cambierà profondamente anche per l'estesa adozione di tecnologie digitali (gli artigiani digitali di Micelli e Granelli). I ricercatori, che sperabilmente dovranno essere assai più numerosi e meglio trattati di oggi, si dedicheranno, oltre che a scoprire cose nuove, anche a rendere utili e comunicabili le loro ricerche, con un nuovo orientamento verso il fruitore finale del loro lavoro.

Gli insegnanti dovranno padroneggiare conoscenze interdisciplinari e nuove tecnologie applicate alla didattica, dovranno conoscere meglio il mondo del lavoro e soprattutto dovranno comprendere i loro allievi in gran parte "soggetti mutanti". I manager intermedi saranno sempre più esperti e coach e sempre meno figure gerarchiche.

Molti tecnici e manager diventeranno imprenditori di start up (che cresceranno di numero e avranno sperabilmente un tasso di mortalità inferiore). Essi dovranno imparare oltre a esercitare le loro competenze specialistiche anche quelle imprenditoriali, in particolare diventando *business designers*, ossia progettisti di sistemi di impresa, orientando specialmente le attività verso il mercato e i clienti.

Il repertorio di forme giuridiche e contrattuali di gestione del lavoro inoltre si amplierà ulteriormente con una varietà di forme dell'impiego (lavoro dipendente a tempo indeterminato e a tempo determinato, lavoro a progetto, prestazioni occasionali, partita iva, studi associati, società semplice, ecc.), con una estrema gamma di forme di stabilità

dell'occupazione (dal posto fisso al lavoro autonomo), con una varietà enorme di livelli retributivi (dai super ricchi ai *knowledge workers* sotto la soglia della povertà), con una varietà di schemi di orari (da 4h x 5 gg, a 8h x 3gg, a 8h x 5gg all'*always on*, ossia la disponibilità in remoto 24x7), con una grande varietà di configurazione dei luoghi di lavoro (una grande varietà di uffici e non uffici, con incremento del telelavoro o dello smart working), con situazioni assicurative e previdenziali molto diverse. In questa inevitabile varietà, la sfida per la nostra società sarà però quella di assicurare un alto livello di occupazione che assicuri a chi ha lavoro una buona qualità della vita di lavoro e a chi temporaneamente lo ha perso o non è in condizione di lavorare e un reddito dignitoso di sostegno o solidarietà (su cui è in corso un forte dibattito molto politicizzato). In un quadro di drammatico cambiamento, a tutti occorrerà assicurare un "centro di gravità permanente", una identità professionale che garantisca dignità e occupabilità.

4. Le tecnologie abilitanti

L'automazione 2.0 e 3.0 non è mai stata solo sostituzione di lavoro umano ma creazione di nuovi sistemi di produzione ⁽⁶⁾. La base del concetto di Industria 4.0 è considerata la *smart factory*, o automazione digitale. Essa adotta su larga scala tecnologie di sostituzione del lavoro operativo umano come la robotica avanzata o le tecnologie che eliminano intere fasi di produzione come le tecnologie additive. Ma il suo fattore distintivo è in realtà la digitalizzazione dell'intero sistema di produzione: la fabbrica è strutturata in moduli, i *Cyber Physical Systems* (CPS) che monitorano i processi fisici e che creano una copia virtuale del mondo fisico e producono decisioni decentralizzate. Attraverso *l'Internet of Things* (IoT), i CPS poi comunicano e cooperano tra di loro e con gli esseri umani in tempo reale e attraverso *l'Internet of Services* (IoS), vengono offerti servizi sia alle unità organizzative interne che ad altre organizzazioni. Vi è un'ampia adozione dell'intelligenza artificiale, che attiva processi di apprendimento automatico (*machine learning*) ottimizzando in modo costante i processi produttivi. Queste tecnologie digitali sono residenti

⁽⁶⁾ F. BUTERA, J. E. THURMAN (eds.), *Automation and work design*, North-Holland, 1984.

su tecnologie *cloud* e si basano sull'impiego diffuso di *big data*. In sintesi le tecnologie abilitanti consentono un livello senza precedenti di connessione fra le varie fasi del processo di produzione, distribuzione e consumo.

L'elevatissimo livello di connessione abilitata dalle tecnologie digitali richiede la creazione di nuove forme organizzative che renda effettiva la connessione delle operazioni e delle decisioni fra tutte le unità organizzative che compongono la rete aziendale e i clienti; che facilitino la accresciuta velocità di cambiamento di prodotti e prestazioni; che consentano di inventare nuovi prodotti e servizi di qualità e personalizzati allo stesso costo della produzione di massa. E soprattutto che trasformino le connessioni informatiche in comunicazione fra le persone e fra le persone e i sistemi digitali: la connessione informatica non genera di per sé la comunità, ma al contrario una idea di comunità dovrebbe guidare l'applicazione delle tecnologie dell'informazione ⁽⁷⁾.

Lo sviluppo delle tecnologie digitali nelle imprese italiane medie e piccole ha specificità che sono cruciali per creare nuove applicazioni che consentano di disintermediare e di gestire efficacemente la conoscenza, come scrive Giorgio De Michelis ⁽⁸⁾.

Perché tutto questo avvenga, la tecnologia non basta: occorrono strategie di impresa centrate su nuovi prodotti e servizi; occorrono strategie centrate sui clienti; occorre configurare reti organizzative planetarie che condividano obiettivi, processi, cultura; occorrono unità organizzative flessibili basate su processi e su progetti; occorrono sistemi di coordinamento e controllo non solo gerarchici ma basati sull'adattamento reciproco; occorre un nuovo sistema cognitivo; occorre una nuova cultura ed etica dell'impresa; e molto altro che non è fatto di bit e byte. Quindi, in sintesi, occorrono nuovi sistemi socio-tecnici, progettati e realizzati integrando le straordinarie innovazioni tecnologiche con soluzioni organizzative di nuova concezione: occorrono contributi di competenze e passione delle persone.

⁽⁷⁾ F. BUTERA, *Le tecnologie dell'informazione e della comunicazione, le nuove forme di organizzazione e la persona*, in *Atti del Convegno Internazionale Sviluppo tecnologico, disoccupazione e trasformazione della struttura economica e sociale*, Accademia dei Lincei, Roma, 1998.

⁽⁸⁾ G. DE MICHELIS, *L'Italian Way of Doing Industry di fronte alla Rivoluzione Digitale*, in R. MASIERO (ed.), *Digital Italy 2017*, in preparazione.

Il dominante determinismo tecnologico genera la diffusa persuasione che organizzazione e lavoro siano già incorporati nelle soluzioni proposte dai fornitori di tecnologia o siano solo “l’intendenza che seguirà”. Non si tratta solo di una distorsione culturale che ha provocato danni irreparabili anche nelle precedenti rivoluzioni industriali ⁽⁹⁾, ma di uno dei fattori che oggi ritarda maggiormente la propensione ad investire da parte delle imprese: «magnifiche tecnologie, ma saranno adatte al nostro business e al nostro contesto?», dicono molti imprenditori e manager. Dietro questo dubbio generico si cela quasi sempre la persuasione che adottare una tecnologia è solo uno di passi da compiere. E gli altri? Vediamoli nei prossimi paragrafi.

5. Questo futuro è già qui e si intende governarlo: i mestieri e le professioni della Industria 4.0

Industria 4.0: il termine deriva dal tedesco *Industrie 4.0*. Nel gennaio del 2011 *Industrie 4.0* è stato avviato come progetto del Governo federale in collaborazione con università, centri di ricerca, imprese, sindacati. A livello europeo, associazioni come l’EFFRA (European Factory of the Future Association) stanno conducendo rilevazioni e definendo standard europei ⁽¹⁰⁾.

Industria 4.0 (o Fabbrica 4.0 o, meglio, impresa 4.0) in Italia è un percorso attivato da un programma di governo promosso dal ministro Carlo Calenda centrato prevalentemente su agevolazioni agli investimenti tecnologici da cui ci si attende effetti positivi sulla modernizzazione e competitività internazionale dell’impresa e sull’occupazione. Questo percorso riattivato dall’azione di governo ma già in atto da tempo ha al momento l’andamento di un fiume che si va allargando attraversando il territorio specifico e altamente differenziato dell’industria e della società italiane: più veloce sul terreno delle grandi imprese, più esitante su quello delle piccole e medie imprese.

⁽⁹⁾ Per tutti, vedasi M. BERMAN, *L’esperienza della modernità*, Il Mulino, 2012.

⁽¹⁰⁾ X Commissione Permanente (Attività produttive, commercio e turismo), Indagine conoscitiva su «*Industria 4.0*»: *quale modello applicare al tessuto industriale italiano. Strumenti per favorire la digitalizzazione delle filiere industriali nazionali*, 30 giugno 2016. Si vedano anche K. SCHWAB, *La quarta rivoluzione industriale*, Franco Angeli, 2016; F. SEGHEZZI, *La nuova grande trasformazione*, ADAPT University Press, 2016.

Il piano, dopo le agevolazione all'acquisto di tecnologie, si prepara ora a finanziare la formazione. Ma formazione su cosa e per chi?

I nuovi lavori nella quarta rivoluzione industriale non sono solo un volatile aggregato nella lunga lista delle competenze sulle tecnologie: data management (*cloud computing*, *sw* e integrazione di sistema, *cyber security* ecc.); tecnologie di produzione 4.0 (digitalizzazione di processi produttivi, sensori e attuatori, *tools* di modellazione, piattaforme IoT e molto altro); vendita e marketing delle tecnologie. I lavori della Industria 4.0 sono "insiemi" dotati di senso produttivo e sociale, composti in primo luogo da nuovi ruoli, ossia "copioni" da agire nel contesto di lavoro e basati su i) responsabilità su risultati, ii) contenuti operativi continuamente migliorabili e perfezionabili, iii) gestione positiva delle relazioni con le persone e con la tecnologia, iv) continua acquisizione di adeguate competenze. Ogni persona può ricoprire diversi ruoli nel sistema produttivo (il softwarista può anche essere team leader, capo commessa, venditore ecc.) e nel sistema sociale (padre, membro di una chiesa, corista ecc.). Gli innumerevoli ruoli produttivi nella quarta rivoluzione industriale sono poi raggruppati in mestieri e professioni nuove, caratterizzati da un ampio dominio di conoscenze e capacità costruite con un riconoscibile percorso di studi e di esperienze e da un "ideale di servizio" caratterizzante e impegnativo. Esaminiamo alcune di queste professioni che emergono nella quarta rivoluzione industriale.

Gli architetti dei nuovi sistemi tecnologico-organizzativi non possono essere i tecnologi da soli: piuttosto essi, così come altri esperti di altre discipline, dovranno diventare architetti multidisciplinari di sistemi socio-tecnici, capaci cioè di concepire e ingegnerizzare insieme modelli di business, mercati, obiettivi, tecnologie, processi, organizzazione, lavoro, cultura. Il ruolo di queste figure sarà principalmente di lavorare insieme ad altri portatori di competenze e punti di vista diversi. Con molta probabilità il soggetto organizzativo che potrà svolgere questa funzione non è un ruolo singolo ma è un team. Queste professioni e questi team di "architetti di sistemi" dovranno avere una formazione multidisciplinare e operare sulla base del *design thinking*. Sarà quindi necessario progettare e sviluppare una professione a larga banda dell'architetto multidisciplinare di sistemi sociotecnici che includerà profili e nomi diversi presenti in un gran numero di diverse situazioni occupazionali: dal progettista di tecnologie, al *knowledge owner* di una

funzione aziendale, al manager di impresa, all'imprenditore, al consulente, al professore universitario e molti altri.

Altre figure cruciali nello sviluppo della 4° rivoluzione industriale sono i tecnici e i professional, integratori che accompagnano la crescita di sistemi sociotecnici ad elevata complessità, interazione fra tecnologie e organizzazione, frequenza di varianze e fenomeni inaspettati, esigenze di monitoraggio e soprattutto esigenze di coinvolgimento e guida delle persone. La impresa 4.0 richiederà un gran quantità di progettazione esecutiva, integrazione dei sistemi, manutenzione, guida dei gruppi di lavoro, *coach* nel miglioramento continuo, analisi e ricerca, vendita, *customer care* e molto altro. Essi si avvalgono in misura crescente delle potenzialità di elaborazione, comunicazione delle tecnologie e dell'intelligenza artificiale, che per loro sono non una minaccia ma un potenziamento del loro lavoro. Alcuni di loro oggi sono identificati come esperti di dominio, manutentori, venditori, team leader e altri.

Se questi ruoli e professioni saranno ben disegnati e le persone destinate a ricoprirle saranno ben formate, Industria 4.0 in Italia decollerà e almeno il 50-60% di questi *knowledge workers* saranno in grado di resistere con successo alla gara contro le macchine.

Nello sviluppo del programma Industria 4.0 un posto rilevante hanno le figure di artigiani impegnati nelle aziende del made in Italy, che sono caratterizzate dalla qualità, bellezza, personalizzazione del prodotto: scarpe, abiti, mobili, cibo ma anche software "fatti apposta per il singolo utente finale". Si stima che in Italia vi sia un 10% circa di artigiani e operai specializzati con l'"intelligenza nelle mani", che adoperano conoscenze tacite, contestuali e *embodied* ossia esperite dalle abilità del corpo. Il loro lavoro cambierà profondamente anche per l'estesa adozione di tecnologie digitali. Per l'Industria 4.0 della *Italian Way of Doing Industry* esse sono figure essenziali. Questi artigiani del saper fare italiano non sono gli *homo faber* medioevali ma sono parte essenziale di una organizzazione complessa che produce qualità.

E che ne sarà degli operai? Certamente una parte delle attività operative di pura manipolazione saranno sostituite dalle tecnologie, molte operazioni saranno eliminate per l'impiego di tecnologie innovative (la stampa 3D invece del *casting*) ma rimarranno necessarie figure di operatori di processo, manutentori avvezzi ad usare tecnologie informatiche e a controllare varianze. Il loro livello di formazione sarà molto più elevato. Le figure di "operai aumentati" già citati sono già diffuse in tutti i settori. Marini, in una ricerca nel settore

metalmecanico, rileva che già oggi chi i lavoratori del settore metalmecanico che dispongono di “Skill 4.0” sono il 19,6% del campione esaminato: essi sommano autonomia decisionale, impegno cognitivo, utilizzo di tecnologie avanzate e lavoro in team ⁽¹¹⁾.

Questi, ed altri, sono essenzialmente lavori della conoscenza, come era stato previsto da Butera, Rullani e altri e auspicato fin dagli anni 70 da Trentin ⁽¹²⁾. La quarta rivoluzione industriale probabilmente renderà finalmente possibile la realizzazione di un modello alternativo a quello taylor-fordista che era basato sulle mansioni frutto di una divisione parcellare del lavoro e sul coordinamento gerarchico: esattamente il modello che ha espropriato le persone della conoscenza del processo produttivo e della responsabilità dei risultati. Il nuovo modello che già si profila sarà basato infatti su conoscenza e responsabilità.

6. I concetti chiave del lavoro del futuro

Conoscenza e responsabilità

Gli architetti di sistemi socio-tecnici, i professional e tecnici integratori, i nuovi artigiani del saper fare italiano, gli operai aumentati sono essenzialmente mestieri e professioni della conoscenza. La quarta rivoluzione industriale probabilmente renderà finalmente possibile la realizzazione di un modello alternativo a quello taylor-fordista che era basato sulle mansioni frutto di una divisione parcellare del lavoro e sul coordinamento gerarchico: proprio quel modello che aveva espropriato le persone della conoscenza del processo produttivo e della responsabilità dei risultati. Il nuovo modello che già si profila sarà basato infatti su conoscenza e responsabilità.

⁽¹¹⁾ D. MARINI, *Lavoratori imprenditivi 4.0. Il lavoro nell'epoca della quarta rivoluzione industriale*, Federmeccanica, 2017.

⁽¹²⁾ F. BUTERA, E. DONATI, R. CESARIA, *I lavoratori della conoscenza*, Franco Angeli, Milano, 1998. Si vedano anche E. RULLANI, *Economia della Conoscenza. Creatività e valore nel capitalismo delle reti*, Carocci, 2004; F. BUTERA, S. BAGNARA, R. CESARIA, S. DI GUARDO (a cura di), *Knowledge Working. Lavoro, lavoratori, società della conoscenza*, Mondadori Università, Milano, 2008; F. BUTERA, Bruno Trentin e l'utopia forse realizzabile di un nuovo modello di organizzazione del lavoro, in A. GRAMOLATI, G. MARI, *Il lavoro dopo il novecento. Da produttori ad attori sociali*, Firenze University Press, 2015.

Le diversissime attività contenute nei lavori vecchi e nuovi della quarta rivoluzione industriale hanno alcuni elementi in comune: producono conoscenza per mezzo di conoscenza, forniscono output economicamente e socialmente molto tangibili, ossia servizi ad alto valore per gli utenti finali (persone, famiglie, imprese) oppure servizi per la produzione a strutture interne alle organizzazioni (terziario interno). Quando l'output è una relazione di servizio essa consiste in conoscenze contestualizzate e personalizzate per fornire un servizio a una specifica classe di utenti (per es. un consulto medico, un parere legale, una lezione, un articolo giornalistico, ecc.).

Questi mestieri e professioni dei servizi includono, in forme e proporzioni molto diverse, sia il lavoro della conoscenza teorica e pratica in tutte le sue accezioni (il sapere perché, il sapere che cosa, il sapere come, il sapere per chi, il sapere usare le routine, il sapere usare le mani, ecc.), sia il lavoro di relazione con il cliente esterno o interno, sia soprattutto la responsabilità di fornire un risultato. Questi mestieri e professioni saranno esercitati in una forte relazione con altre persone e con le tecnologie.

La nuova idea di lavoro della quarta rivoluzione industriale che già si profila sarà basata infatti su conoscenza, responsabilità dei risultati e richiederà competenze tecniche e sociali. Un lavoro che susciti impegno e passione. Un lavoro fatto di relazioni tra le persone e le macchine che potenzi le attività e la competenza della persona. Un lavoro che includa anche il *workplace within*, ossia il posto di lavoro che è dentro le persone con le loro storie lavorative e personali, dentro la loro formazione, dentro le loro aspirazioni e potenzialità.

Questa è la strada maestra per ottenere professionalizzazione sostanziale, impiegabilità, flessibilità, partecipazione reale, probabilmente soddisfazione e certamente identità. Non una flessibilità subalterna indifferente al destino delle persone, ma una strada che introduce sociabilità e soggettività, come ci ha indicato Sennet⁽¹³⁾.

*Nuovi paradigmi di ruoli e professioni: la professionalizzazione di tutti.
Il ruolo aperto*

Abbiamo visto che la componente di base dei mestieri e professioni sono i "ruoli aperti". Questi ruoli non sono le mansioni prescritte nel

⁽¹³⁾ R. SENNET, *L'uomo artigiano*, Feltrinelli, 2008.

taylor-fordismo ma “copioni” che divengono “ruoli agiti” allorché vengono animati, interpretati e arricchiti dagli attori reali, ossia dalle persone vere all’interno delle loro organizzazioni o del loro contesti, le quali esercitano la loro “maestria”, come impulso umano fondamentale, desiderio di svolgere bene il lavoro per se stesso, come dice Sennet.

Il lavoro nella quarta rivoluzione industriale sarà costituito da innumerevoli e cangianti ruoli nuovi o profondamente modificati, generati non da ineluttabili “effetti delle tecnologie” ma da una progettazione capace di costruire ruoli, mestieri e professioni dotati di senso.

Il programma italiano Industry 4.0 non solo ha bisogno di questi ruoli ma li sta già generando: i testi di Micelli, Magone e Mazali, Berta, Granelli, Segantini narrano storie di un lavoro nuovo che è già qui (¹⁴).

Mestieri e professioni

Ma come sarà possibile per le persone mantenere e sviluppare una *work identity*, come sarà possibile per i *policy makers* programmare il mercato del lavoro e la scuola, in un contesto in cui mansioni regolamentate, profili definiti da curriculum scolastici, mestieri consolidati, professioni ordinarie verranno rapidamente resi obsoleti e sostituiti con altri che non hanno ancora nome?

Conosciamo già un dispositivo che consente di portare ad unità diversissimi lavori fortemente differenziati per livelli di responsabilità, di remunerazione, di seniority: quello dei mestieri (ahimè in gran parte distrutti dalla rivoluzione taylor-fordista) e delle professioni (ahimè ristrette entro i confini degli ordini professionali: medici, giornalisti, ingegneri, geometri ecc.). Entrambi sono caratterizzati dal possesso di conoscenze distintive. Le professioni, oltre ad un ampio dominio di capacità e conoscenze (talvolta esclusive) costruite attraverso un riconoscibile percorso di studi e di esperienze, sono caratterizzate anche da un “ideale di servizio” caratterizzante e impegnativo (deontologia professionale). Sono sorte in questi decenni quasi-

(¹⁴) S. MICELLI, *Futuro Artigiano*, Marsilio, 2011; A. GRANELLI, *Artigiani del digitale*, Luca Sossella editore, 2011; G. BERTA, *Produzione intelligente*, Einaudi, 2014; A. MAGONE, T. MAZALI (a cura di) *Industria 4.0. Uomini e macchine nella fabbrica digitale*, Guerini, 2016; E. SEGANTINI, *La nuova chiave a stella*, Guerini, in corso di pubblicazione.

professioni che svolgono la stessa funzione di mestieri e delle professioni “ordinistiche” ma che non sono riconosciute dagli ordinamenti pubblici e dagli ordini professionali: i progettisti ICT, gli esperti di materiali, i tecnico-commerciali, i tecnici di meccatronica, i professional della pianificazione e controllo, gli esperti di risorse umane, i tecnici di logistica, e molte altre.

Ora che occorre costituire nel disegno dei lavori un “centro di gravità permanente” che guidi le politiche formative e occupazionali e che consenta alle persone una identità è possibile riprendere e reinventare su basi nuove l’ idea di mestiere e professione.

Il modello del mestiere e della professione include una estrema varietà di situazioni occupazionali concrete: un medico è medico che sia cardiologo o psichiatra, o che sia un ospedaliero o libero professionista, che sia un professore universitario o uno specializzando ecc.

Il modello del mestiere e della professione racchiude inoltre diverse funzioni convergenti: esso è al tempo stesso a) parte essenziale del sistema di erogazione di un servizio, b) fonte primaria della identità lavorativa delle persone malgrado i cambi di attività, c) sistema di gestione e sviluppo delle persone che individua percorsi formativi e di sviluppo in cui le persone si possono orizzontare. Il grafico seguente rappresenta le funzioni convergenti del modello professionale.



Le nostre ricerche ci inducono a dire che il paradigma dominante del lavoro nella quarta rivoluzione industriale potrà essere quello dei

mestieri e professioni dei servizi a banda larga (broadband service professions). Servizi, quelli resi al cliente finale o alle strutture interne dell'organizzazione; a banda larga, perché questi mestieri e professioni devono poter contenere una altissima varietà di attività per contenuto, livello, background formativo. Questo modello permette alle persone di passare da un ruolo all'altro senza perdere l'identità e può aiutare le istituzioni e l'organizzazione a pianificare l'istruzione e la mobilità.

I mestieri e le professioni più qualificati potranno così rientrare in un numero limitato di broadband profession che saranno oggetto di formazione e sviluppo. Non si tratta di inventare nomi e profili ma di potenziare i processi di concreto *job design* e di consolidare alcuni pochi mestieri e professioni su cui investire in termini di formazione e sviluppo.

Degli "architetti di sistemi sociotecnici" e delle professioni in esse contenute abbiamo parlato: ad esempio quelle del *knowledge owner* di una funzione aziendale, del manager di impresa, dell'imprenditore, del consulente, del professore universitario, ecc., ciascuna di esse capaci di diverse "specializzazioni" e anche di cambiare rapidamente "specializzazione".

Per quanto riguarda i tecnici e i professional, alcuni mestieri e professioni saranno specifici per settori. Per esempio nel settore abbigliamento mestieri come modellisti, stilisti, sarti, tecnici del taglio delle confezioni, tecnici del rammendo. Altri saranno trasversali come i venditori di servizi; i progettisti customizzatori; i tecnico-commerciali; i tecnici informatici; i professionisti dei social media; i capi intermedi come coach capaci di insegnare a imparare; i project leader e coordinatori capace di fare e far sapere; i professionisti negli acquisti materie prime a livello globale; i tecnici di logistica integrata; i tecnici di controllo delle gestione economica e del benessere organizzativo; i tecnici *corporate* con piena conoscenza linguistica in grado di muoversi globalmente. Per essi lo sviluppo degli ITS (Istituti Tecnici Superiori) e delle lauree professionalizzanti sono uno dei terreni di sviluppo di *new jobs* e *new skills*.

Questi mestieri e professioni non copriranno ovviamente tutto il mondo del lavoro ma rappresenteranno il posizionamento baricentrico, come gli artigiani lo furono nel rinascimento, i liberi professionisti nel 700, gli operai di fabbrica nella rivoluzione industriale. Le *service professions* potranno costituire la locomotiva che riqualificherà il resto del mondo del lavoro. Il modello dei mestieri e professioni di servizio

potrebbe divenire un paradigma di riferimento plausibile anche per i lavori operativi, anche per quelli più umili che non richiedono elevata formazione scolastica? Forse sì.

È un “futuro professionale” quello che qui intravediamo. Esso, per essere attuato su larga scala, richiede un processo di *job design* e di progettazione formativa innovativo, che i *policy makers* non potranno non attivare anche beneficiando di esperienze già attuate nelle imprese italiane e internazionali e nelle migliori istituzioni formative ⁽¹⁵⁾.

Ma, ammesso che si delinei e si strutturi un “futuro professionale” possibile e che esso sia lo scenario su cui si progetteranno i *new jobs* e le *new skills*, sorgono a questo punto due domande. Ci sarà lavoro per tutti? Chi e come progetterà e svilupperà le nuove organizzazioni e il nuovo lavoro? Proviamo a rispondere nei prossimi due paragrafi.

7. I fattori che stanno rivoluzionando il lavoro: la gara contro le macchine si può vincere progettando nuovi sistemi produttivi

Causa prossima della attuale crisi dell’occupazione è la crisi economica mondiale che ha visto imprese ridurre l’attività, chiudere e in ogni caso gestire in un quadro di incertezza che ha ridotto gli investimenti e le assunzioni. Ma vi sono cause remote ancora più rilevanti. La prima è la concorrenza dei paesi emergenti in cui il costo del lavoro è di gran lunga più basso. La seconda è il profondo cambiamento strutturale dei mercati e dei sistemi d’impresa, che spazza via intere categorie di lavori e di lavoratori. La terza è l’evasione fiscale, lo sviluppo dell’economia criminale e del lavoro nero, che sottrae risorse agli impieghi produttivi legali. La quarta, e forse la più importante perché ha un carattere strutturale, che opera da oltre un cinquantennio e che ha avuto recentemente una straordinaria accelerazione è la disoccupazione tecnologica. A causa dello straordinario avanzamento dell’automazione e della digitalizzazione, la *race against the machine* – ossia la gara degli uomini contro le macchine per chi farà i lavori – per alcuni autori

⁽¹⁵⁾ F. BUTERA, *Service professions. Le professioni dei servizi nelle organizzazioni*, in *Studi Organizzativi*, n. 1/2014; F. BUTERA, *La professionalizzazione di tutti*, in *Working Paper Fondazione Irso*, Giugno 2017.

sta per essere definitivamente persa perché le tecnologie sono in grado di sostituire quasi tutti i compiti umani ⁽¹⁶⁾.

L'ultimo rapporto McKinsey riporta che il 51% dei lavoratori italiani potrebbero in linea teorica essere sostituiti da una macchina. La letteratura scientifica e il giornalismo sono pieni degli elenchi di lavori umani sostituibili dalle macchine. Potranno essere sostituiti (e spesso lo saranno) lavori ripetitivi di fabbrica, lavori di *data entry*, addetti alle casse dei supermercati, addetti agli sportelli bancari, addetti agli sportelli pubblici, operatori di call center e un gran numero di altri. Ma anche addetti ai servizi turistici, addetti ai servizi sanitari. E anche traduttori, ingegneri, insegnanti, consulenti. Lo sviluppo dell'intelligenza artificiale che consente ai sistemi di operare auto senza conducente o di vincere partite a scacchi attacca il lavoro dei *knowledge workers*. È in atto un panico superiore a quello degli anni sessanta quando, soprattutto negli Stati Uniti, sindacati, partiti e media lanciarono l'allarme che l'automazione avrebbe drasticamente tagliato l'occupazione, cosa che non avvenne ⁽¹⁷⁾.

Si stima che nello sviluppo della Industry 4.0, forse il saldo fra blu collars e white collars/clerks in diminuzione e white collars/knowledge workers in aumento potrebbe essere di un -30% complessivi, con ovvi problemi di riconversione delle figure. In un quadro più ampio (industria più servizi e amministrazioni pubbliche e private) il saldo tra lavori nuovi (qualificati) e i lavori che scompaiono (per lo più routinari), se non si farà qualcosa per impedirlo, sarà certamente negativo: si calcola che, alle attuali condizioni date, in Europa vi saranno quattro milioni di lavoro in meno. Inoltre chi perde il lavoro non passerà ai nuovi lavori più qualificati, sia perché sono in numero minore di quelli che scompaiono sia perché chi ricopriva questi ultimi non è qualificato per ricoprire i lavori più qualificati.

Ma non basta. Chi perderà il lavoro non facilmente potrà coprire i lavori nuovi o ridisegnati: è reale il rischio che i nuovi lavori non saranno coperti né dai disoccupati né dalle nuove leve del mercato del

⁽¹⁶⁾ E. BRYNJOLFSSON, A. MCAFEE, *La nuova rivoluzione delle macchine*, Feltrinelli, 2014; C. B. FREY, M. OSBORNE (eds.), *Technology at work. The future of innovation and employment*, Citi, CBS, 2015; OECD, *Getting Skill right. Assessing and Anticipating Changing Skill Needs*, 2016; WORLD ECONOMIC FORUM, *The future of Jobs*, January 2016.

⁽¹⁷⁾ F. BUTERA, J.E. THURMAN, *Automation and work design*, North-Holland, 1984.

lavoro per mancanza di competenze adeguate, con un crescente *skill gap*.

A meno che...

A meno che non si parta dal fatto che il lavoro non è solo una somma di *tasks*, un aggregato di competenze molecolari da allocare all'uomo o alla macchina, ma anche un sistema di senso, un flusso di atti linguistici, una tensione al risultato, un sistema di relazioni, un campo di creatività e molto altro.

A meno che le tecnologie siano viste come una opportunità di riprogettare nuovi lavori e nuove organizzazioni che creino valore per le organizzazioni, che valorizzino le persone ribaltando il paradigma fordista non ancora superato e siano uno stimolo per ristrutturare radicalmente la formazione dei giovani, di chi avrà perso il lavoro e la formazione permanente. È prevedibile che ciò possa avvenire non solo per attitudine umanistica ma come opportunità per affrontare la complessità della progettazione e lo sviluppo della Impresa 4.0 allineandola alle sfidanti esigenze e opportunità del contesto tecnologico, economico e sociale.

La gara contro le macchine in realtà è tutt'altro che perduta. Per 5 motivi.

1. *La capacità sostitutiva della digitalizzazione è oggettivamente limitata.* Le tecnologie possono in linea teorica assorbire quasi tutti i compiti umani operativi ma oggi non quelli che richiedono manipolazioni fini (ossia l' "intelligenza nelle mani", ossia quel "saper fare" che in particolare è alla base del nostro artigianato e delle nostre produzioni di alta gamma); possono assorbire gran parte dei lavori della elaborazione di informazioni, di molti lavori della conoscenza e anche di prendere decisioni entro un frame prestabilito, ma oggi non possono fare domande e fissare obiettivi innovativi; non possono svolgere i compiti di creazione, innovazione, relazione, servizio; non possono andare *out of the box*, fuori cioè da quello previsto da chi li ha progettati.
2. *Il campo di impiego delle nuove tecnologie nell'economia e nella società reale è circoscritto.* Infatti una cosa è la sostituibilità teorica degli uomini con le macchine e una cosa diversa è l'ampiezza di applicazione di tale potenzialità. Il sistema economico italiano come abbiamo visto è fatto di piccolissime, piccole e medie imprese: esse dovranno crescere e

mettersi in rete, ma non saranno sostituite dalle grandi imprese degli anni sessanta che a loro volta stanno riducendosi di numero. Le PMI si dovranno largamente digitalizzare per non perire ma in pochi casi avranno risorse economiche e capacità tecniche per sostituire tutti i propri uomini con le macchine: l'occupazione delle PMI quindi non scenderà di molto. Sappiamo che la Pubblica Amministrazione potrebbe essere più efficiente adottando le tecnologie ma la tradizionale stabilità dei posti di lavoro nel pubblico limiterà l'adozione massiccia di soluzioni tecnologiche fortemente *labour saving*. Le dimensioni della "disoccupazione tecnologica" nei prossimi dieci anni sarà quindi limitata perché sarà applicabile solo a un numero limitato di imprese piccole e medie e di PA.

3. *Anche le grandi e medie imprese più performanti* che si potranno permettere un impiego massiccio e sofisticato delle tecnologie e di ridurre la manodopera in eccesso, quelle cioè che si stanno avviando a mettere in pratica i modelli dell'Industry 4.0, avranno un crescente bisogno di lavoro di lavoro di qualità: architetti di sistemi sociotecnici, integratori e team leader, artigiani, operai aumentati. E infine il tasso di sostituzione sarà contenuto anche perché aziende efficaci ed efficienti si espandono e producono un numero e una gamma maggiore di beni e servizi, occupando un maggior numero di macchine ma anche di uomini.
4. E infine a livello macro a fronte dei lavori che comunque saranno assorbiti dalle tecnologie, vi sarà *una forte crescita del personale che progetterà, gestirà, manuterrà quelle tecnologie e i nuovi sistemi socio-tecnici che implicano*. Nei centri di ricerca, nelle università, nelle imprese, crescerà la quantità e la qualità di lavori tradizionali, nuovi o profondamente trasformati: dagli scienziati e ricercatori interdisciplinari, dai progettisti di prodotti e servizi, agli esperti di software, ai biotecnologi, agli esperti di big data, ai nuovi manager, agli imprenditori delle nuove start up e un gran numero ancora.

E inoltre è possibile cambiare le regole del gioco. Elenchiamo le variabili su cui è possibile agire per smentire le previsioni di un saldo occupazionale negativo a "variabili date":

- a. la torta dell'offerta di beni e servizi può crescere e organizzazione e lavoro non saranno più quello che conosciamo;
- b. nascita di nuove aziende che producano prodotti e servizi che prima non c'erano o che abbiano prestazioni competitive;
- c. sviluppo di nuovi sistemi tecnico-organizzativi e di nuovi lavori che assicurino maggiore produttività e maggiore valore per il cliente e che abbiano un più alto livello di conoscenza;
- d. sistemi di gran lunga più efficaci degli attuali per l'orientamento, *retraining* e ricollocazione di chi ha perso o rischia di perdere il lavoro;
- e. nuovi e più efficaci sistemi di formazione e istruzione dei giovani, innovativi nel che cosa e nel come: possibilità che attività di *replacement*, *retraining*, *continous learning*;
- f. formazione continua per tutti di nuova concezione, come priorità politica e culturale, una sfida per i governi e per la scuola europea.

Di fronte a questo quadro, si aprono in Italia e nei paesi sviluppati quattro grandi aree di politiche pubbliche: 1. politiche industriali di sostegno alla innovazione tecnologico-organizzative e alla espansione internazionale delle imprese; 2. progettazione di sistemi complessi e cantieri di riprogettazione dei lavori; 3. politiche di riqualificazione di chi ha perso il lavoro attraverso la formazione e la ricollocazione; 4. politiche di piani sociali di sostegno a chi il lavoro non può più temporaneamente o definitivamente trovarlo.

8. La formazione tecnica superiore come area di formazione di professioni a banda larga

In questa prospettiva le Fondazioni ITS non tenderanno a sviluppare profili ristretti, mansioni super specialistiche destinate ad essere rapidamente superate dall'evoluzione tecnologica e organizzativa, ma piuttosto "mestieri e professioni a banda larga ad alto livello di conoscenze, competenze e capacità trasferibili e al tempo stesso ad alto livello di specializzazione" che includano una varietà di tali specialismi e soprattutto siano in grado di evolvere rispetto ai cambiamenti. Una

testimonianza di un imprenditore impegnato in una Fondazione ITS⁽¹⁸⁾:

«Voi parlate della figura del meccatronico... Io no so chi sia e cosa faccia. Io so che 10 anni fa per fare manutenzione la mia azienda mandava almeno tre persone: chi si occupava di meccanica, chi di elettronica, chi sapeva parlare le lingue. Oggi abbiamo bisogno di una persona che faccia bene tutte e tre queste cose. Che sia in grado di raggiungere qualsiasi posto del mondo, trovare un problema, capirlo e cominciare a risolverlo. Nel 30 % dei casi in cui non riesca da solo deve sapere chi chiamare e, soprattutto, deve sapersi fare aiutare: porre le domande giuste alle giuste persone per trovare la giusta soluzione. Voi lo chiamate meccatronico e mi dite che è un tecnico superiore. Bene! Io so che ogni anno chiedo all'ITS una persona fatta così».

Essi formeranno a svolgere sia il lavoro a base artigiana, sia il lavoro svolto su conoscenze simboliche, sia il lavoro di supervisione, ossia "lavori della conoscenza" in tutte le sue accezioni e a tutti i livelli di competenza.

Gli ITS quindi identificheranno sempre più, con il contributo delle imprese e delle istituzioni, mestieri e professioni che rappresentino campi professionali estesi e le loro articolazioni per settore e specializzazione, disegnate in modo da assicurare identità alle persone e gestibilità da parte delle imprese e del sistema educativo. Ciascuno di tali mestieri e professioni comprende una grande varietà di ruoli a diversi livelli e con diversi contenuti ma tutti caratterizzati da forte conoscenza delle teorie e delle tecniche del campo professionale, da competenze operative specifiche eccellenti, dal dominio delle tecnologie digitali, dal *problem solving* e dalla creatività, soprattutto dalla capacità di cooperazione, condivisione delle conoscenze, di comunicazione estesa e di promuovere comunità.

Questi mestieri e professioni hanno alcuni requisiti in comune, a cui corrisponderà una fase della didattica comune ai vari settori e specializzazioni ben differenziate: conoscenze di base (per esempio matematica, tecnologia, logica, storia dell'arte, lingue ecc.), capacità di base (*design thinking*, *project work*, *team work*, ecc.), attitudini e abitudini (disponibilità a svolgere anche compiti umili, padronanza di lavori manuali, tensione ad accrescere la professionalità, contribuire al

⁽¹⁸⁾ Fondazione Irso, *Ricerca Costi e benefici della partecipazione delle imprese ai progetti ITS*, in *Quaderni Assolombarda*, n. 05, 2017.

lavoro organizzato, passione per il ben fatto, dedizione al cliente e soprattutto passione per il cliente).

Questi mestieri e professioni hanno ovviamente declinazioni molto diverse per settore (meccanica, arredo, moda, alimentare e altro) e per area funzionale (design, manufacturing, logistica, ICT, ecc.): ogni scuola dedica laboratori e tirocini molto differenziati possibilmente in azienda. Essi saranno articolati in base alle esigenze delle imprese espresse il meno possibile in termini di profili marmorizzati ma in termini di “ruoli professionali specifici richiesti”, ossia da: a) attività cognitive e operative specifiche (*tasks*); b) risultati e performances attese; c) competenze e capacità richieste e agite; d) relazioni con altri, con l’organizzazione, con le tecnologie. Quindi il ruolo è una componente chiave del piano didattico. Non una prescrizione ma una “unità del sistema organizzativo e professionale” in continua evoluzione, a cui, come abbiamo visto, la formazione dà un contributo fondamentale: la formazione è un modo per fare evolvere i ruoli richiesti in ruoli agiti.

L’ITS prepara a professioni a larga banda, che sono un percorso che include lavori umili e lavori complessi, fasi di apprendistato e fasi di responsabilità importanti, mobilità territoriale e aziendale abilitante, riconoscimento delle qualità umane e professionali. Un imprenditore partecipante ad una Fondazione ITS nel settore dell’ospitalità e del turismo diceva:

«Si può lavorare in piccole e modeste aziende o essere proiettati nel mondo del turismo e ospitalità di alta gamma: fare il cameriere in una trattoria o a Villa d’Este: ruoli, professioni e storie personali tutte diverse. Noi sviluppiamo un ruolo ad ampio spettro che va bene in tutti i casi: fare pratica sul campo con precisione e umiltà, usare le tecnologie digitali, imparare tutti gli aspetti anche invisibili dell’accoglienza, sorridere e curare il cliente in ogni situazione, lavorare in team, sapere le lingue, migliorare continuamente l’organizzazione del lavoro e se stessi. Lavoro di testa ma anche di cuore. Frequentare l’Accademia è anche un modo per essere selezionati, formati, essere inseriti nell’area, acquisire una professione e fare una carriera»⁽¹⁹⁾.

L’ITS, se ben gestito, concilia tecnica e cultura, teoria e pratica, formazione della persona e formazione alla professione. Un contributo

⁽¹⁹⁾ Fondazione Irso, *Ricerca Costi e benefici della partecipazione delle imprese ai progetti ITS*, op. cit.

a superare la crociana tradizionale contrapposizione fra scuole “che insegnano a pensare” (ad es. il liceo classico, le università generaliste) e scuole che “insegnano a fare” (IFP, IT). Una versione moderna di quella integrazione stretta fra lavoro intellettuale e lavoro manuale nell’antica Grecia, che fu alla base della scienza e dell’arte dell’Atene di Pericle, come ha illustrato genialmente lo storico Benjamin Farrington. Un imprenditore della Food Valley impegnato in una Fondazione ITS dichiarava:

«Questa è la food valley d’Italia. Qui il nostro lavoro lo sappiamo fare, bene. Sappiamo integrare tradizione e innovazione esattamente come mescoliamo gli ingredienti dei nostri prodotti. Per competere, però, dobbiamo farlo velocemente e rispettando le regole e le procedure che ci permettono di esportare il nostro prodotto ovunque nel mondo. Il nostro lavoro è fatto di cura per gli ingredienti e amore per il prodotto finito ma anche di precisione e rispetto delle regole di produzione. I tecnici superiori ci permettono di unire produzione (anche ad altissimi volumi), compliance (per le certificazioni) e innovazione (dalla conoscenza del prodotto alla sua evoluzione)»⁽²⁰⁾.

9. Il potenziamento strutturale del sistema della Istruzione Superiore

In carattere innovativo della struttura istituzionale e didattica degli ITS che abbiamo accennato non deve distogliere l’attenzione su una serie di azioni di sistema che le Istituzioni (MIUR e Regioni) e le associazioni imprenditoriali stanno sviluppando per “cambiare i numeri” e dare ulteriore impulso a questo canale formativo. Ne citeremo solo alcune.

- Le famiglie e i giovani potrebbero meglio orientarsi verso gli ITS se verranno ridefiniti i titoli e i crediti formativi.
- Vi è il problema del riconoscimento dei diplomi di ITS e dei crediti sia per conseguire una laurea triennale che per conseguire una laurea magistrale. Questa permeabilità dei due canali formativi è una delle caratteristiche dei sistemi tedeschi e francesi che ha contribuito alla loro popolarità.
- Molte imprese non conoscono l’ITS: da una nostra recente ricerca per Assolombarda risulta che su 228 aziende lombarde contattate solo il 36% dichiara di conoscere gli istituti di

⁽²⁰⁾ Ivi.

Istruzione Tecnica Superiore, il 64% delle aziende fino a 100 dipendenti e il 50 % delle aziende oltre i 100 dipendenti dichiarano di non aver collaborato negli ultimi cinque anni con istituti tecnici secondari o istituti che erogano corsi post diploma principalmente perché non è stata contattata, per mancanza di tempo, per convinzione che ciò non avrebbe portato nessun benefici all'azienda. Sono in atto studi da parte delle associazioni imprenditoriali per chiarire e rafforzare le *reason why* a partecipare.

- Le esperienze fin qui condotte hanno generato delle *best practices* istituzionali e didattiche. Il MIUR e alcune Regioni, fra cui in particolare la Regione Lombardia e la Regione Emilia, stanno operando per approfondire questi casi e fare azione di diffusione.
- Progetti pilota e di monitoraggio sono promossi dalle Associazioni Industriali, fa cui i più approfonditi forse quelli di Assolombarda.
- In generale occorrerà potenziare le fonti di finanziamento.

Il DCPM aveva rilanciato l'ITS creando condizioni di flessibilità ignote agli Istituti Tecnici e agli Istituti professionali e aveva adottato alcuni presupposti per evitare insegnamenti generici o assegnazioni arbitrarie di fondi, difficoltà nella divisione di competenze fra Stato e Regioni. Da ciò derivano le norme e le direttive che definiscono un forte legame con il territorio, specializzazioni strette apparentemente indicate dalle aziende, finanziamento a progetti didattici specifici e non ad Enti. Ulteriori passaggi e iniziative sono allo studio per facilitare l'interregionalità, la formazione su profili a banda larga, la flessibilità nelle metodologie didattiche. In generale è stata da più parti espressa l'intenzione di semplificare i riferimenti normativi.

Sono allo studio iniziative e meccanismi per la moltiplicazione delle Fondazioni.

Sono in corso progetti innovativi nella concezione del percorso formativo, nella partecipazione delle imprese, nella didattica per attuare i Poli Tecnico Professionali previsti dal DCPM.

E infine, occorre attuare modalità efficaci di comunicazione e di orientamento.

10. ITS e Lauree professionalizzanti

I rapporti fra il sistema universitario e i canali di istruzione post-secondari non universitari in Italia non sono mai stati facili. Marco Leonardi fa proposte per evitare la cannibalizzazione degli ITS da parte delle future lauree professionalizzanti, pericolo del tutto superato nei sistemi di Francia, Germania, Svizzera e propone sia iniziative concrete sia un quadro di sistema che renda compatibili, sinergici, permeabili i due sistemi. Le prime iniziative concrete sono quella di riattivare la esistente “passerella” che consenta ai diplomati dei corsi ITS l’acquisizione di crediti riconosciuti dalle Università e quella di prevedere una nuova “passerella” fra Università e ITS che renda possibile l’assorbimento negli ITS di parte degli studenti che abbandonano l’Università (il 20% dopo un anno, il 39% dopo due anni, il 45,2% dopo tre anni). L’azione di sistema a sua volta è quella di rafforzare le sinergie fra MIUR, Ministero del Lavoro, MEF, Regioni e aziende: Andrea Illy ed io in un articolo sul Sole 24 Ore del 12 Aprile 2017 avevamo proposta una “situation room” per monitorare l’integrazione rispetto ad *outcome* misurabili, come occupazione e produttività.

In aggiunta a miglioramenti del sistema normativo esistente – su cui altri intervengono – alcune azioni che tale “situation room” potrebbe promuovere, e realizzabili entro i prossimi 6/12 mesi, sono a mio parere le seguenti:

- a. Ridefinire divisione del lavoro e integrazione fra i canali formativi. Non basta formulare sulla carta profili dei lavori a cui prepara l’ITS, ma occorre progettare e sviluppare fra aziende e istituzioni educative “ruoli agiti”, “broadband profession” e nuove competenze: *new skills for new jobs*. Occorrono attività di progettazione dei mestieri, delle professioni e delle competenze necessarie per lo sviluppo della Impresa 4.0. Le professioni che l’Università può meglio sviluppare sono quelle degli imprenditori capaci di tradurre l’offerta in soluzioni di business globale; quelle dei manager capaci di costruire e gestire reti di imprese innovative intorno ai prodotti e servizi di eccellenza; quelle degli scienziati che progettano nuovi sistemi tecnologico-organizzativi; quelle degli artisti che creano prodotti e servizi belli e industrializzabili. I mestieri e le professioni formate dall’ITS invece operano nei processi di realizzazione di prodotti

e servizi di alta qualità; contribuiscono a integrare processi, tecnologie e attività altamente complesse e interdipendenti; animano e guidano i lavori di gruppo. L'istruzione tecnica e professionale si occupa del saper fare di tecnici e artigiani capaci di realizzare prodotti di qualità usando la propria maestria della mente e delle mani.

- b. Rafforzare strutturalmente il sistema ITS. Assegnare risorse maggiori a livello nazionale e regionale, costituire una Direzione dedicata presso il MIUR, rafforzare la riconoscibilità dei diplomi, potenziare i servizi alle imprese e al sistema scolastico. Forse cambiarne il nome con Scuole Superiori Politecniche, come suggerisce Micelli nel suo ultimo articolo sul Sole 24 Ore.
- c. Potenziare la comunicazione alle famiglie e agli studenti. MIUR, Regioni, Uffici Scolastici Regionali, associazioni imprenditoriali moltiplicano incontri e convegni. Devono fare di più i quotidiani, la televisione, il cinema, i social media tornando a raccontare il nuovo lavoro e i percorsi formativi innovativi: nel passato a comprendere il lavoro hanno contribuito più "Tempi moderni" di Charlie Chaplin, "La chiave a stella" di Primo Levi, "Il posto" di Ermanno Olmi, di mille mansionari.
- d. Promuovere la partecipazione delle imprese. Occorre promuovere forti incentivi economici, normativi, di immagine che spingano un numero molto più elevato di imprese a partecipare sia all'ITS che alle lauree professionalizzanti.
- e. Promuovere e diffondere progetti esemplari. Molte delle 87 Fondazioni ITS stanno accumulando casi e esperienze molto virtuose. Per esempio Regione Lombardia e Regione Emilia Romagna hanno attivato su esse progetti di ricerca-intervento; Assolombarda promuove progetti pilota di ITS e di Lauree Professionalizzanti.

In sintesi Università e ITS devono condurre insieme la "medesima partita" mirata a obiettivi misurabili di occupazione giovanile e di produttività delle imprese, con una chiara divisione e integrazione del lavoro. Soprattutto devono progettare, sperimentare, monitorare, narrare coinvolgendo in sperimentazioni concrete le imprese e spiegando cosa avviene ai giovani e alle famiglie. Anche con l'aiuto dei media.

L'evoluzione del mondo del lavoro e il ruolo della istruzione e formazione tecnica superiore – Riassunto. *Dopo un rapido esame del mutamento della struttura della occupazione, il paper esamina i fattori che stanno rivoluzionando il lavoro, e in particolare le tecnologie digitali. La profezia che sia già persa la “gara contro le macchine”, che possono sostituire quasi tutti i compiti affidati agli uomini, è confutata vigorosamente: l'automazione e la digitalizzazione sconvolgono il lavoro ma solo la progettazione dei sistemi produttivi riconfigura il lavoro, per il bene o per il male. E la formazione in questo ha un ruolo cruciale. Viene presentato il modello dei ruoli, mestieri e professioni a banda larga che possano eccellere in diversi specialismi ma siano in grado di evolvere rispetto ai cambiamenti. Viene poi argomentato il ruolo fondamentale degli ITS, la cui pedagogia è particolarmente adatta a formare tecnici superiori e manager intermedi, lavoratori della conoscenza altamente specializzati ma al tempo stesso dotati di conoscenze e abilità generali idonee a sviluppare in loro “mestieri e professioni a banda larga”.*

The evolution of work and the role of higher technical education – Summary. *Starting from the changes occurred in the structure of employment, the article analyses the factors that are revolutionizing work, and in particular digital technologies. The prophecy that the “race against the machines” is already lost and that machines can virtually replace all the tasks performed by men is strongly refuted: automation and digitization shatter work but only the design of production system is able to reconfigure it, for good or bad. And training in this plays a crucial role. The model of roles, trades and broadband professions is therefore presented, which can excel in specialisation but are also able to evolve. The fundamental role of the ITS is also argued, whose pedagogy is particularly suitable for the formation of qualified technicians and intermediate managers, highly specialized knowledge workers but at the same time people trained with general knowledge and skills capable of evolving in terms of “broadband trades and professions”.*

Il mercato del lavoro del futuro: come i Big data possono aiutare a coglierne la sfida

*Emilio Colombo, Mario Mezzanzanica **

Sommario: **1.** Il contesto macroeconomico. – **2.** Una crescente polarizzazione del mercato del lavoro? – **3.** Quale sarà il lavoro del futuro? – **4.** La necessità di sviluppare nuovi strumenti. – **4.1.** Il limite degli strumenti esistenti. – **4.2.** Il valore aggiunto delle web vacancies. – **5.** Le potenzialità delle web vacancies per il mercato del lavoro di domani. – **5.1** Skill Digital Degree. – **5.2.** Rilevare il cambiamento delle competenze richieste nelle singole professioni. – **6.** Conclusioni

1. Il contesto macroeconomico

Lo scenario macroeconomico attuale è caratterizzato da un contesto di graduale ripresa economica sia a livello mondiale che a livello europeo e nazionale. Dopo aver perso complessivamente 8 punti di PIL tra il 2008 e il 2013, negli ultimi anni l'economia Italiana si è gradualmente ripresa, favorita soprattutto dal risveglio dell'economia Europea, pur rimanendo al di sotto del potenziale.

Tutto ciò tuttavia non si traduce in un contestuale miglioramento delle condizioni nel mercato del lavoro. È noto, infatti, che l'occupazione agisca con ritardo, spesso cospicuo (1-2 anni), rispetto alle dinamiche cicliche. Dal punto di vista congiunturale, dunque, è lecito attenderci un ritardo nella risposta dell'occupazione alle migliorate condizioni economiche.

Tuttavia, anche nelle economie dove la ripresa è iniziata prima ed è stata caratterizzata da tassi di crescita ben più sostenuti del nostro, non

* *Professore Ordinario di Politica Economica, Università Cattolica del Sacro Cuore e Crisp; Professore Associato di Sistemi Informativi Università di Milano – Bicocca e Crisp.*

si è assistito a una parallela crescita dell'occupazione altrettanto robusta. La letteratura sottolinea come la crescita economica mondiale che ha seguito la crisi finanziaria sia caratterizzata da un tasso di creazione dei posti di lavoro ben al di sotto della media precedente la crisi (*jobless recovery*) lasciando presagire l'esistenza di fenomeni strutturali che abbiano alterato la relazione tra occupazione e prodotto. Tali fattori strutturali (detti anche mega-trend dalla letteratura economica) esistono da tempo ma sono stati esacerbati dalla grande crisi finanziaria e sono destinati a modificare radicalmente il mercato del lavoro e con esso l'intero sistema produttivo e sociale.

Il primo fattore è costituito dall'invecchiamento della popolazione e ha effetti diretti ed indiretti sul mercato del lavoro.

L'effetto diretto è costituito dal fatto che i problemi pensionistici associati all'invecchiamento della popolazione fanno sì che i governi tendano a prolungare sempre più l'età lavorativa, impedendo di fatto che lavoratori anziani possano essere sostituiti da lavoratori più giovani potenzialmente più produttivi. Questo costituisce un vero e proprio "tappo" all'ingresso del mercato del lavoro dei più giovani con conseguenze negative sul tasso di disoccupazione giovanile.

L'effetto indiretto si riferisce al cambiamento delle competenze della forza lavoro indotto dal cambiamento demografico. In Italia, come del resto in tutta Europa, l'età media della forza lavoro è destinata a crescere inesorabilmente; in questo contesto i lavoratori si trovano ad aver realizzato la propria esperienza formativa molto tempo addietro e vi è il rischio concreto che le loro competenze non siano più adeguate al rapido cambiamento del tessuto economico ⁽¹⁾. Questo problema è noto come *skills obsolescence* ⁽²⁾ e pone un rilevante problema alla realizzazione di un efficace sistema di formazione professionale. Infine l'invecchiamento della popolazione influenza anche direttamente la domanda di skill, ad esempio quelle legate alla cura degli anziani ed alle attività ad esse correlate (case di riposo, ospedali ecc.).

Il secondo fattore è legato al processo di globalizzazione e al cambiamento che esso ha introdotto nella struttura produttiva. La

⁽¹⁾ R. FREEMAN, *Is A Great Labor Shortage Coming? Replacement Demand in a Global Economy*. In: *Reshaping the American Workforce in a Changing Economy*. DC: Urban Institute Press, 2007.

⁽²⁾ DE GRIP, A. J. VAN LOON *The Economics of Skills Obsolescence: A Review*. *The Economics of Skills Obsolescence*, Research in Labor Economics, vol 21, 1-26.

divisione della catena del valore (*unbundling of the value chain*) resa possibile dai processi di outsourcing e offshoring ha fatto sì che la produzione di singoli beni possa essere frammentata in diverse parti o processi, ognuno dei quali può essere considerato un bene a sé stante e dunque a sua volta commerciato. Tutto ciò ha modificato profondamente la struttura della produzione determinando un aumento della domanda relativa di lavoratori low-skilled nei paesi in via di sviluppo e un complementare aumento della domanda relativa di lavoratori high-skilled nelle economie avanzate ⁽³⁾.

Il terzo fattore è probabilmente il più rilevante ed è costituito dal progresso tecnologico. Il rapido sviluppo tecnologico e l'utilizzo massiccio della ICT nel processo produttivo ha radicalmente mutato le competenze e le skill richieste ai lavoratori ⁽⁴⁾. Le nuove tecnologie consentono l'automazione di un crescente numero di attività che, precedentemente, venivano svolte dalle persone. Inizialmente questi meccanismi di automazione si sono concentrati su attività routinarie, sia di carattere manuale (assemblaggio, logistica ecc.) che non (attività amministrative, attività paralegali, attività di reportistica, ecc.). L'avvento dei big data, tuttavia, lo sviluppo dell'intelligenza artificiale e dell'internet delle cose (IoT) ha reso sempre più concreta la possibilità che possano essere automatizzate anche attività che sembravano troppo complesse per una macchina (si pensi ad esempio allo sviluppo della guida autonoma).

⁽³⁾J. N. BHAGWATI, A. PANAGARIYA, T.N. SRINIVASAN, *The Muddles over Outsourcing*, in *Journal of Economic Perspectives*, 2004, 18(4): 93-114; R. FEENSTRA, *Integration of Trade and Disintegration of Production in the Global Economy* in *Journal of Economic Perspectives*, 1998, pp. 31-50; G. BORJAS, V. RAMEY, *Foreign competition, market power, and wage inequality*, in *The Quarterly Journal of Economics*, 110(4): 1075-1110, 1995.

⁽⁴⁾D. ACEMOGLU, *Technical Change, Inequality and the Labor Market*, in *Journal of Economic Literature* 40, 7-72, 2002; D. AUTOR, L. KATZ and A. KRUEGER, *Computing Inequality: Have Computers Changed the Labor Market?*, in *Quarterly Journal of Economics* 113, 1169-1213, 1998; D. AUTOR, L. LEVY, and R. MURNANE, *The Skill Content of Recent Technical Change: An Empirical Exploration*, in *Quarterly Journal of Economics* 118, 1279-1334, 2003; D. CARD, J. DI NARDO, *Skill-Based Technological Change And Rising Wage Inequality: Some Problems And Puzzles*, in *Journal of Labor Economics*, 20: 733-783, 2002; A. KRUEGER, *How computers have changed the wage structure: Evidence from micro-data*, in *The Quarterly Journal of Economics*, 108(1): 33-60, 1984-1989.

Questi cambiamenti influenzano inevitabilmente anche la stessa organizzazione interna del lavoro delle imprese portando queste ultime a cambiare il cosiddetto *skills-mix*, privilegiando sempre più competenze trasversali e generali, quali ad esempio la capacità di risolvere i problemi, la capacità comunicativa, la capacità di lavoro autonomo ecc.

La combinazione dei mega trend definiti precedentemente con la crisi economica ha determinato una forte contrazione dell'occupazione e un aumento della disoccupazione che tuttavia non viene riassorbita dalla ripresa a causa del persistere del *mismatch* tra domanda ed offerta di lavoro. In questo senso il problema non è solo quantitativo ma soprattutto qualitativo, relativo cioè alla differenza tra le nuove competenze richieste dalle imprese e quelle offerte dai lavoratori.

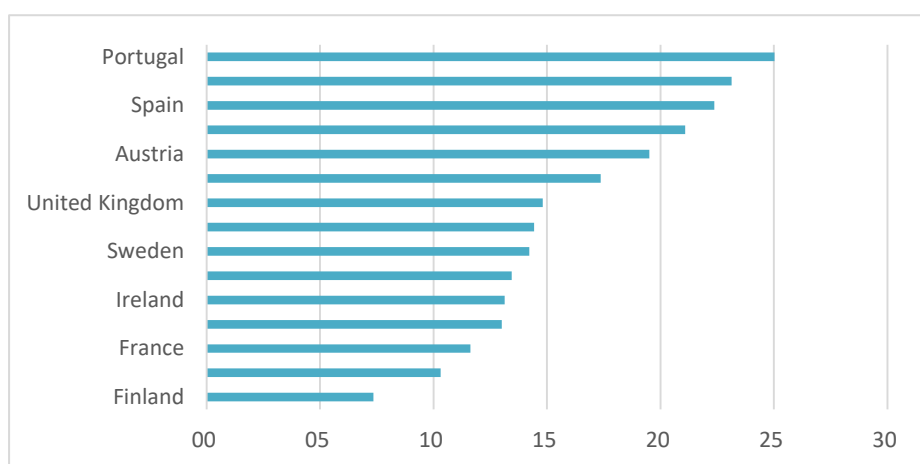
Le figure 1 e 2 mostrano alcuni semplici indicatori di *mismatch* elaborati dall'OECD. L'indicatore di *mismatch* del "*field of study*" (figura 1) si riferisce alla percentuale di lavoratori che risulta occupata in un ambito diverso rispetto a quello di specializzazione. Il *mismatch* di qualifica misura invece la percentuale di lavoratori in possesso di un livello di qualifica (in questo caso un livello educativo) diverso rispetto a quello richiesto dal lavoro che stanno attualmente svolgendo. Questo indicatore viene ulteriormente dettagliato nella figura 2 che mostra il tasso di sovra-educazione ovvero la percentuale di lavoratori in possesso di un livello di educazione superiore rispetto a quello richiesto nella professione svolta.

Figure 1 – Indicatori di mismatch. Quote di lavoratori mismatched



Fonte: OECD

Figure 2 – Quota di lavoratori sovraqualificati



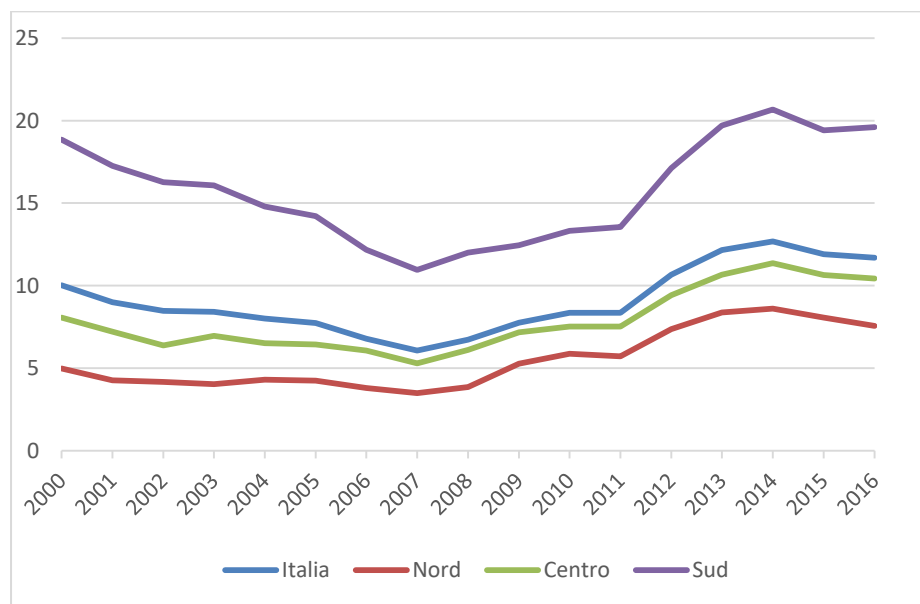
Fonte: OECD

Dalle figure emerge come nella maggior parte dei paesi europei il tasso di *mismatch* sia estremamente alto e riguardi in media il 30% dei lavoratori. L'Italia è uno dei paesi caratterizzati dal tasso di *mismatch* più elevato, in particolare è rilevante la frazione di lavoratori che

risultano sovra-qualificati. Questo genere di *mismatch* è spesso considerato meno importante degli squilibri determinati dalla elevata disoccupazione benché sia altrettanto dannoso. Da una parte, genera un'evidente perdita di produttività dato che i lavoratori non sono messi nelle condizioni di impiegare appieno le competenze acquisite, dall'altra genera nei lavoratori stessi un senso di frustrazione che a sua volta danneggia la qualità del lavoro. Infine, la presenza di un elevato indice di sovra-qualificazione svaluta il valore della formazione e scoraggia i futuri studenti a investire ulteriormente in istruzione.

In questo contesto risultano particolarmente penalizzate le categorie più deboli e vulnerabili del mercato del lavoro (soprattutto i giovani) nonché risulta esacerbato il divario tra il Nord e il Sud del paese. La figura 3 mostra come il tasso di disoccupazione complessivo sia più che raddoppiato a partire dalla crisi economica, passando da 6.1 nel 2007 a 11.6 nel 2014. In questa situazione già di per sé drammatica si è ampliato il divario regionale: al Nord la disoccupazione nello stesso periodo è passata da 3.5 al 7.5%, al Sud dall'11 al 19.6%.

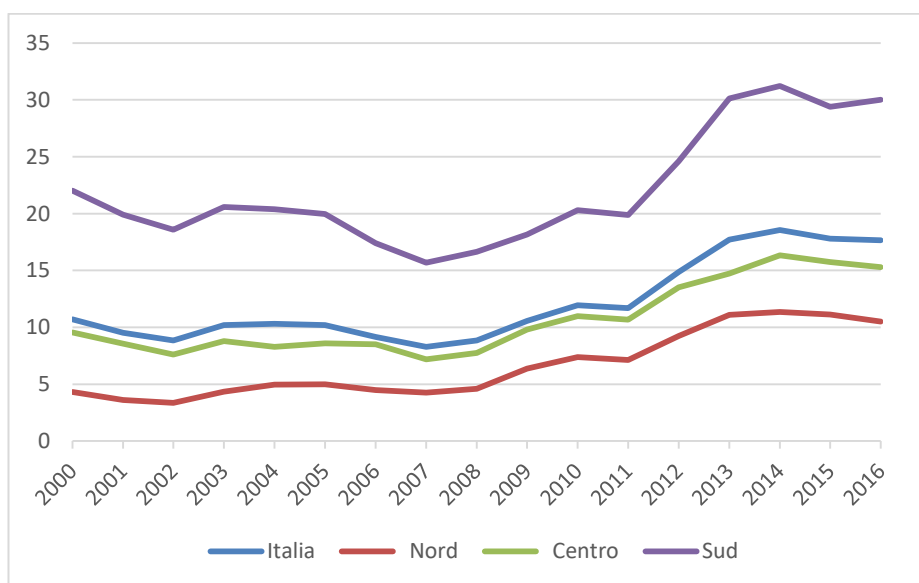
Figura 3 – Tasso di disoccupazione per area geografica



Fonte: Eurostat

La Figura 4 mostra la dinamica della disoccupazione giovanile. Poiché spesso durante le recessioni osserviamo i giovani prolungare il percorso di studio per migliorare la propria prospettiva occupazionale in attesa di un miglioramento della condizione congiunturale, le statistiche della disoccupazione giovanile, riferendosi tipicamente alla fascia di età 15-24 risultano distorte verso l'alto in periodi di recessione. Per ridurre la portata di questo effetto abbiamo considerato il tasso di disoccupazione dei giovani nella sola fascia di età 25-34, che dovrebbe comprendere anche coloro hanno terminato l'educazione terziaria. La figura mostra come i giovani siano stati particolarmente colpiti dalla crisi con un tasso di disoccupazione complessivo che passa dal 8.2% nel 2007 al 17.6 nel 2014. Il divario regionale risulta in questo caso ancor più accentuato: nel Nord la disoccupazione passa dal 4.2 al 10.5%, mentre al Sud dal 15.6 al 30%.

Figura 4 – Tasso di disoccupazione giovanile, fascia di età 25-34 anni

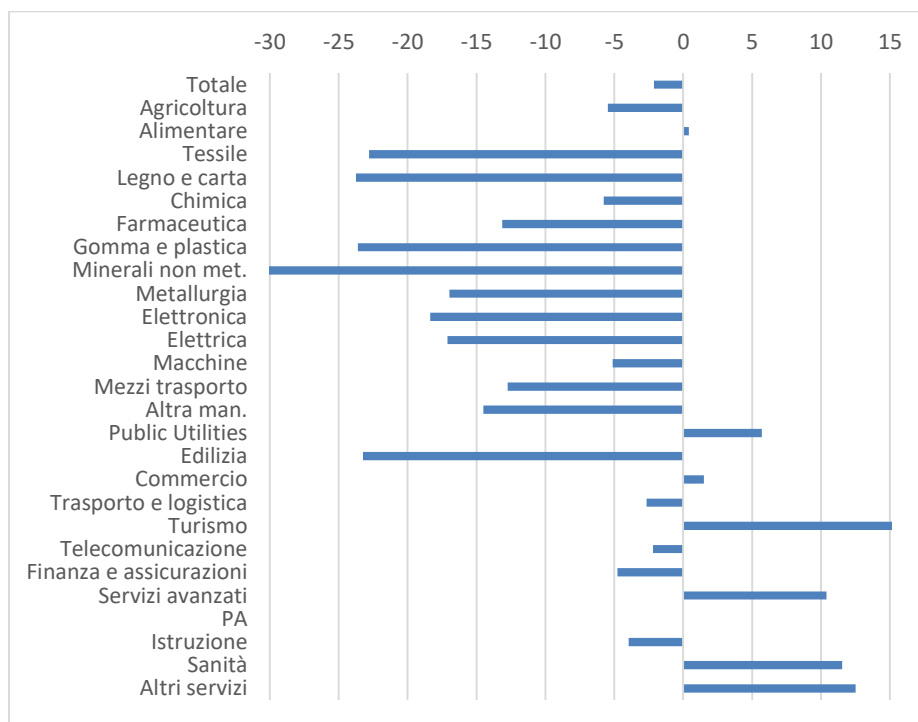


Fonte: Eurostat

I fattori strutturali delineati determinano un cambiamento dell'occupazione fortemente differenziato anche tra i vari settori, come

mostra la Figura 5 con la variazione dell'occupazione nel periodo 2007-2016 per un ampio campione di settori. L'eterogeneità settoriale è piuttosto evidente: a fronte di una diminuzione complessiva dell'occupazione del -2.1% vi sono settori che osservano contrazioni ben più marcate (edilizia -23%, tessile -22%) così come settori che mostrano un incremento occupazionale (Turismo e servizi avanzati).

Figura 5 – Variazione percentuale dell'occupazione 2007-2016



Fonte: Istat, Conti economici Nazionali

Questo cambiamento è coerente con il progressivo spostamento, comune a tutti i paesi avanzati, dell'attività economica dai settori industriali verso i servizi. Ciò che è interessante non è tuttavia il mero spostamento della domanda di lavoro che ha accompagnato lo spostamento del fulcro dell'attività economica, quanto piuttosto la contestuale ridefinizione delle competenze e delle skill richieste dalle

imprese. All'interno di questi trend strutturali si inserisce, infatti, la crescente importanza dei settori *knowledge intensive* nei servizi (servizi avanzati alle imprese, servizi finanziari, servizi ICT ecc.) e dei settori ad alta intensità di tecnologia nel manifatturiero (chimica, farmaceutica, elettronica ecc.) nei quali la contrazione complessiva dell'occupazione è comunque il segnale di una grande ristrutturazione interna associata ad un rapido cambiamento delle competenze richieste.

2. Una crescente polarizzazione del mercato del lavoro?

Abbiamo sottolineato precedentemente come una delle caratteristiche che sembra emergere nelle economie dei paesi avanzati sia la progressiva polarizzazione del mercato del lavoro. Sempre più la domanda di lavoro tende a concentrarsi nelle professioni high skill e in quelle low skill riducendo al contempo la rilevanza delle medium skill. La letteratura economica recente ha analizzato dettagliatamente il fenomeno della polarizzazione e permesso una migliore comprensione dei meccanismi all'opera. Tali meccanismi operano principalmente attraverso due dei canali descritti precedentemente: quello tecnologico e quello della globalizzazione.

La tecnologia sembra avere il ruolo più importante. Già nei paragrafi precedenti abbiamo avuto modo di sottolineare come il progresso tecnologico sia stato negli ultimi anni *skill biased*, ovvero abbia premiato sempre più le high skill a discapito delle low skill. Tuttavia le ricerche di Autor ⁽⁵⁾ offrono una spiegazione più completa e per certi versi complessa. Gli autori sottolineano che il progresso tecnologico ha modificato in modo consistente la componente routinaria del lavoro, dove le macchine hanno sostituito in modo rilevante la parte umana. Tuttavia non esiste una corrispondenza precisa e diretta tra il livello di skill e la componente routinaria del lavoro. È noto come nel settore manifatturiero molte occupazioni inerenti al processo produttivo possano essere descritte come ad alta intensità routinaria; un fenomeno simile avviene anche per molte attività a maggior contenuto di skill, come le attività amministrative e gestionali.

Al contrario, molte occupazioni a basso contenuto di skill non sono affatto routinarie, si pensi a tutte le professioni che hanno a che fare

⁽⁵⁾ D. AUTOR, L. LEVY, and R. MURNANE, *op. cit.*

con l'assistenza agli anziani e agli ammalati (badanti, baby sitter, ecc.), piuttosto che alla cura personale (personale di pulizia ecc.) e dunque risultano poco influenzate dal progresso tecnologico. Allo stesso tempo le professioni più propriamente high skill (manager, legislatori, docenti, medici ecc.) sono tipicamente caratterizzate da un basso contenuto routinario.

L'effetto complessivo del progresso tecnico si traduce dunque in una polarizzazione del mercato del lavoro con una crescita concentrata prevalentemente nelle occupazioni high e low skill. Questa tendenza è stata riscontrata sia negli Stati Uniti ⁽⁶⁾ che in Europa ⁽⁷⁾.

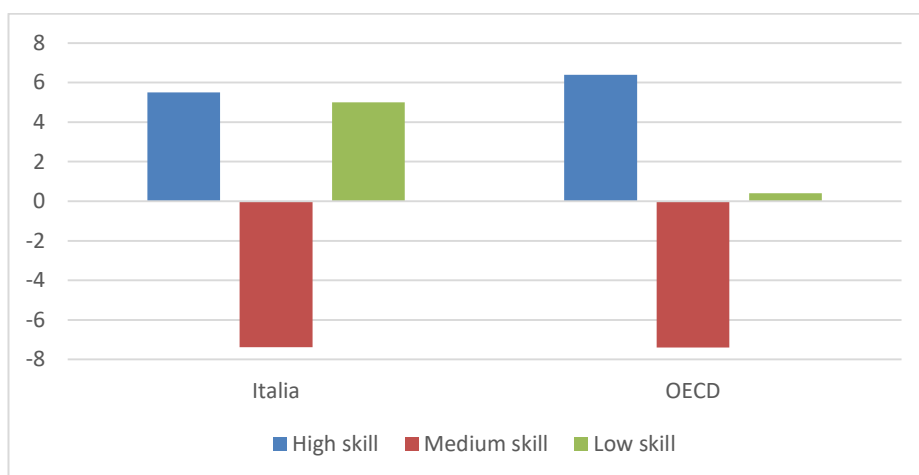
La globalizzazione ha anch'essa un impatto sulla composizione della domanda di lavoro, anche se opera attraverso canali diversi. In particolare, la possibile divisione del processo produttivo in fasi diverse che possono essere svolte da unità diverse in paesi diversi attraverso l'outsourcing e l'*offshoring*. In questo ambito le fasi di produzione labour intensive, caratterizzate da un basso trasferimento di tecnologia (ad esempio l'assemblaggio), vengono trasferite all'estero mentre vengono mantenute le fasi di produzione a maggior valore aggiunto. Tutto ciò comporta una diminuzione relativa della domanda di lavoro poco qualificato e un aumento relativo della domanda di lavoro qualificato. Anche in questo caso non è semplice mappare l'effetto di questi fenomeni sulle singole occupazioni. La figura 4 mostra che il nostro paese non è esente da queste dinamiche. Considerando i cambiamenti occupazionali intercorsi negli ultimi 20 anni notiamo che

⁽⁶⁾ Acemoglu D., Autor, D. 2011 *Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings* Handbook of Labor Economics Volume 4, Amsterdam: Elsevier, Orley Ashenfelter and David E. Card (eds.), 1043-1171, Autor D., Dorn, D., 2010 "This Job is "Getting Old": Measuring Changes in Job Opportunities using Occupational Age Structure, *American Economic Review* 99(2), 45-51; Autor D., Katz L., Kearney M.S., 2006, *The Polarization of the U.S. Labor Market* *American Economic Review* 96(2), 189-194; Autor D., Levy F., Murnane R. (2003) *The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration* *Quarterly Journal of Economics*, 118(4), 1279-1333.

⁽⁷⁾ Goos M., Manning A. 2007 *Lousy and Lovely Jobs: The Rising Polarization of Work in Britain* *Review of Economics and Statistics*, Vol. 89:1, p. 118-133; Goos M., Manning A., Salamon A., 2009 *Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring* *American Economic Review*, Vol. 99, No. 2, p. 58-63; Goos M., Manning A., Salamon A., 2014 *Job Polarization in Europe* *American Economic Review*, Vol. 104, No. 8, p. 2509-2526.

l'occupazione sia cresciuta nelle professioni high e low skill mentre sia fortemente diminuita nelle professioni medium skill.

Figura 6 – Polarizzazione del mercato del lavoro. Variazione in percentuale della quota sul totale dell'occupazione 1995-2015



Fonte: OECD

In un recente lavoro Goos ⁽⁸⁾ utilizzano la descrizione dettagliata delle singole occupazioni e delle mansioni ad esse associate per calcolare l'importanza e l'intensità della componente di "routinizzazione" e "delocalizzabilità" di ogni singola occupazione ⁽⁹⁾. Gli autori

⁽⁸⁾ M. GOOS, A. MANNING, A. SALOMONS, *Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring*, in *American Economic Review*, Vol.104, N.8, pp.2509-26, 2014.

⁽⁹⁾ La descrizione delle attività e delle mansioni all'interno di ogni professione è stata realizzata utilizzando i dati dell'indagine O*NET (USA) che separa le mansioni in diversi gruppi: routinari, astratti e servizi. I lavori routinari sono quelli che possono essere svolti con relative facilità da computer o da machine. I lavori non routinari vengono divisi in astratti (esempio capacità di risolvere problemi, capacità decisionali ecc.) e servizi (esempio servizi assistenziali o di pulizia). A ogni lavoratore intervistato viene chiesto di attribuire una importanza (su una scala da 1 a 5) ad ogni mansione nel proprio lavoro. I risultati costituiscono la base per definire l'importanza della componente routinaria in ogni occupazione. Mentre l'importanza della componente routinaria costituisce una misura assoluta, l'intensità della component

costruiscono in questo modo un indice di intensità di routinizzazione e di delocalizzazione in ogni occupazione al II digit e testano empiricamente quali fattori hanno il maggior effetto sulla polarizzazione del mercato del lavoro in Europa. I loro risultati mostrano che la polarizzazione risulta essere determinata primariamente dalla routinizzazione del lavoro causato dalla tecnologia e in misura inferiore dalla delocalizzazione produttiva. Frey e Osborne ⁽¹⁰⁾ complementano l'analisi di Goos ⁽¹¹⁾ considerando anche altre componenti delle occupazioni quali la creatività, la necessità di avere relazioni di tipo sociale o l'importanza della manualità, e stimano che la polarizzazione a cui stiamo assistendo verrà progressivamente meno dato che nel tempo lo sviluppo dell'intelligenza artificiale e il perfezionamento delle abilità dei robot avrà un impatto rilevante anche nelle occupazioni low skill, risparmiando solo alcune componenti high skill.

3. Quale sarà il lavoro del futuro?

Questa domanda riecheggia in molte pubblicazioni scientifiche e non, e costituisce un tema sempre più frequente nei dibattiti e nei convegni scientifici.

Alla luce dei cambiamenti delineati nei paragrafi precedenti e degli effetti che vengono rilevati nel mercato del lavoro è lecito chiedersi fin dove potrà arrivare il cambiamento in atto e quali conseguenze ci saranno nelle società nei paesi avanzati. I robot e l'intelligenza artificiale sono destinati a sostituire progressivamente e inesorabilmente il lavoro umano?

Il lavoro di Frey e Osborne ⁽¹²⁾ stima a questo proposito che quasi la metà dei lavori esistenti (il 47% per l'esattezza) scomparirà nei

routinaria è una misura relativa dove l'importanza routinaria è divisa per la somma dell'importanza della component astratta e di quella dei servizi.

⁽¹⁰⁾ C. B. FREY, M. A. OSBORNE, *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?*, in *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 114, Pages 254-280, 2017.

⁽¹¹⁾ M. GOOS, A. MANNING, A. SALOMONS, *op. cit.*

⁽¹²⁾ C. B. FREY, M. A. OSBORNE, *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?*, in *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 114, Pages 254-280, 2017.

prossimi 25 anni. Allo stesso tempo in un recente rapporto il World Economic Forum ⁽¹³⁾ ha stimato che il 65% dei bambini che attualmente frequentano la scuola primaria farà nella propria vita un lavoro che oggi non esiste ancora.

In realtà, molti ritengono che i lavori non scompariranno del tutto ma verranno probabilmente ridefiniti, e soprattutto cambierà il set di competenze necessarie. Dunque molti lavori rimarranno ma richiederanno competenze diverse per essere svolti. Ad esempio, le competenze digitali sono sempre più richieste non solo nei lavori più propriamente ICT ma anche per i lavori più tradizionali.

A questo proposito il rapporto del WEF stima che entro 5 anni circa 1/3 delle skill richieste nel mercato del lavoro comprenderà delle competenze che oggi non sono ritenute centrali

Tutto ciò pone un evidente problema al nostro sistema educativo. Mentre per le rivoluzioni tecnologiche precedenti i sistemi formativi hanno impiegato parecchi anni per sviluppare le nuove competenze richieste dal mercato, la velocità con cui il cambiamento tecnologico sta interessando la dimensione produttiva rischia di stravolgere completamente la pianificazione del sistema di formazione.

4. La necessità di sviluppare nuovi strumenti

Se le considerazioni effettuate nel paragrafo precedente sono corrette, pensare al lavoro del futuro significa fare non solo un grande sforzo di immaginazione, ma richiede anche di pensare a nuovi strumenti conoscitivi. Il cambiamento che interessa il mercato del lavoro va in primo luogo intercettato e rilevato ed in secondo luogo analizzato per essere compreso. Tutto ciò richiede strumenti nuovi per conoscere il mercato del lavoro di domani.

4.1. Il limite degli strumenti esistenti

Gli strumenti conoscitivi innovativi devono essere in grado di interpretare due fenomeni fondamentali nel mercato del lavoro. Da una parte, il rapido cambiamento delle skill richieste nelle varie professioni

⁽¹³⁾ WORLD ECONOMIC FORUM, *The Future of Jobs*, WEO, 2016.

(si pensi al cambiamento della tecnologia di comunicazione e alle nuove skill richieste nelle professioni legate alla comunicazione stessa), dall'altra, l'emergere di nuove figure professionali precedentemente inesistenti (ad esempio il cambiamento tecnologico nella comunicazione ha determinato l'insorgenza del "digital-social media marketing"). Gli strumenti esistenti nel mercato del lavoro sono tuttavia ad oggi inadeguati a catturare questo tipo di fenomeni.

Generalmente l'andamento del fabbisogno di skills nel lungo periodo è analizzato da modelli previsionali di lungo periodo. Probabilmente l'esempio più rilevante in questo ambito in Europa è costituito dall'analisi svolta dall'agenzia Europea Cedefop. Dal 2007 il Cedefop ha progressivamente sviluppato un modello econometrico che prevede la domanda e l'offerta di skills in Europa per ogni paese membro e fornisce anche alcune indicazioni relative all'esistenza di possibili mismatches ⁽¹⁴⁾. Tale modello è estremamente utile per individuare i trend strutturali che sono attesi influenzare la domanda di lavoro nei prossimi anni, tuttavia mostra notevoli limiti quando si vuole dettagliare l'analisi del fabbisogno di skill oltre alcune grandi macro-categorie (high, medium, low skill). Non necessariamente infatti prevedere le occupazioni che saranno maggiormente domandate nel futuro consente di prevedere anche le skill che saranno ad esse associate.

A livello più micro il principale strumento utilizzato per analizzare il mercato del lavoro in quasi tutti i paesi avanzati è costituito dall'indagine sulle forze di lavoro. Essa, nonostante sia fortemente capillare e dettagliata, ha il difetto fondamentale di analizzare il lato dell'offerta di lavoro e non quello della domanda. In questo modo possiamo conoscere ciò che le persone fanno, quale occupazione svolgono, le loro caratteristiche personali, possiamo elaborare utili indicatori di *mismatch* educativo (il *mismatch* esistente tra il livello di istruzione della persona e quello richiesto dalla professione che sta svolgendo) ma non possiamo dire nulla su ciò che le imprese domandano e sul loro fabbisogno di skill.

Sotto questo profilo, nonostante siano diventati via via più importanti e interessanti grazie all'integrazione delle varie basi dati, i dati amministrativi possono offrire solo un aiuto parziale. Essi sono

⁽¹⁴⁾ In Italia un esercizio previsionale analogo è effettuato all'interno del sistema informativo Excelsior con un orizzonte di circa 5 anni.

utilissimi per effettuare analisi dei flussi, degli spostamenti tra professioni e per tracciare la vita evolutiva delle singole persone che, in un mercato del lavoro caratterizzato da continui cambiamenti, è destinata a diventare via via più complessa. Il limite dei dati amministrativi è costituito dal fatto che devono necessariamente fare riferimento a standard codificati e quindi pre-definiti, inadatti per definizione a catturare il cambiamento.

Negli ultimi anni molti paesi hanno investito una grande quantità di risorse nelle indagini sulle imprese da molti ritenute lo strumento più adatto per conoscere il cambiamento della domanda di lavoro. D'altronde le imprese sono le prime ad essere interessate dal cambiamento tecnologico e dalla globalizzazione dunque quale migliore strumento per intercettare i cambiamenti della domanda di lavoro se non chiedere direttamente a loro?

Il paese che ha maggiormente investito sulle *skill surveys* è il Regno Unito che ha implementato questo genere di indagine sin dall'inizio del nuovo millennio utilizzandolo sia per cercare di catturare il fabbisogno di competenze (*skill needs*) sia l'emergere di nuove competenze (*emerging skills*) sia la presenza di gap tra le competenze che la forza lavoro a disposizione delle imprese ha attualmente e le competenze desiderate dalle stesse imprese. In Italia il sistema informativo Excelsior analizza da anni il fabbisogno previsto da parte delle imprese e dal 2010 ha iniziato a rilevare il fabbisogno di skill concentrandosi in particolare su quelle di carattere trasversale.

Nonostante la loro indubbia utilità le *skill surveys* hanno alcuni limiti che le rendono strumenti poco utili per analizzare i cambiamenti del mercato del lavoro odierno.

In primo luogo le indagini sono molto costose da implementare. Per arrivare a un grado di copertura elevata occorre intervistare molte imprese con elevati costi sia diretti (disegno del campione, disegno ed elaborazione del questionario ecc.) che indiretti (va sempre considerato il costo opportunità del tempo che l'imprenditore o chi per esso dedica a rispondere all'intervista). In secondo luogo hanno tempi di implementazione piuttosto lunghi: tra la fase di ideazione, sviluppo e analisi dei risultati passano alcuni mesi rendendo le indagini inadeguate come strumento di analisi a elevata frequenza. Il limite principale delle indagini è tuttavia costituito dal fatto che seguono una logica interamente top-down. Le indagini devono essere infatti disegnate *ex*

ante, i questionari pre-definiti e le risposte possibili pre-codificate. In questo modo si ottiene solo ed esclusivamente ciò che viene chiesto. Strumenti siffatti incontrano limiti evidenti quando si vuole analizzare l'insorgere di nuove skill oppure quando si vogliono cogliere i nuovi lavoro creati dalle nuove tecnologie.

4.2. Il valore aggiunto delle web vacancies

Ultimamente alcuni nuovi strumenti sono stati impiegati nelle analisi del mercato del lavoro: uno dei più promettenti è costituito dall'analisi delle *web vacancies*, ovvero dagli annunci di lavoro pubblicati dalle imprese sul web sia attraverso il proprio sito web sia soprattutto tramite siti specializzati. Queste offerte di lavoro possono essere scaricate dai siti web attraverso alcune applicazioni software e successivamente classificate e analizzate attraverso algoritmi di classificazione e tecniche di *information extraction*.

Le web vacancies possono costituire una risposta, ancorché parziale, ai problemi testé enucleati. In primo luogo costituiscono uno strumento più economico di quelli tradizionali. Una volta sostenuto il costo iniziale derivante dalla costruzione dei vari algoritmi di analisi e di classificazione, l'aggiunta di nuove informazioni o la replica dell'analisi in periodi diversi è caratterizzata da un basso costo marginale. In secondo luogo lo scarico delle informazioni dai diversi siti può avvenire a diversi livelli di frequenza, anche settimanale, costituendo un vero e proprio strumento di analisi real time.

Soprattutto, la caratteristica più rilevante di questi dati è che seguono una logica interamente bottom-up che per certi versi è completamente opposta rispetto a quella degli strumenti tradizionali.

Le offerte di lavoro scaricate costituiscono, infatti, un patrimonio informativo totalmente destrutturato da cui è necessario estrarre informazioni attraverso opportuni filtri e meccanismi di classificazione. In questo modo la logica è essenzialmente quella del "lasciar parlare il dato" e di sintetizzare *ex post* le informazioni che emergono. Questo approccio risulta particolarmente adeguato per intercettare il cambiamento in atto, nella misura in cui le imprese lo esprimono negli annunci online.

Inoltre le informazioni sono sempre disponibili a patto di avere sufficiente spazio di archiviazione (cosa piuttosto semplice

attualmente) di modo che, una volta intercettato un cambiamento, ad esempio una nuova competenza che le imprese sembrano richiedere con maggiore insistenza, è possibile rianalizzare i vecchi dati per avere una analisi più completa.

Ovviamente anche le web vacancies non sono scevre da problematiche. La principale è costituita dal fatto che non tutte le offerte di lavoro vengono pubblicizzate online. Vi sono diversi settori e soprattutto molte occupazioni per cui i canali di reclutamento seguono logiche diverse dalla semplice esposizione online di posizioni di lavoro aperte (si pensi ad esempio alle posizioni aperte dalla pubblica amministrazione che avvengono in Italia attraverso appositi concorsi che seguono logiche e tempistiche totalmente *ad hoc*). Tuttavia molti studi mostrano che il canale del web sta acquisendo una importanza sempre più crescente nelle modalità di reclutamento da parte delle imprese, seguendo il trend di crescente digitalizzazione della nostra società⁽¹⁵⁾.

In Italia è stato recentemente ideato dal CRISP (Centro Interuniversitario di Ricerca per i Servizi di Pubblica Utilità) presso l'Università di Milano Bicocca, un prodotto che consente di analizzare il mercato del lavoro attraverso i dati delle web vacancies chiamato WollyBi.

A partire dal 2013, dopo una fase di studio volta ad una analisi quali-quantitativa e conseguente selezione dei portali a livello nazionale, sono stati regolarmente monitorati i principali siti web dove vengono esposti gli annunci di lavoro; si tratta sia di siti web specializzati (*job board*), di siti delle primarie agenzie per il lavoro e di sezioni dedicate alle offerte di lavoro nei siti dei principali quotidiani nazionali. Complessivamente la base dati attuale consiste di più di 2,4 milioni di annunci di lavoro “unici”⁽¹⁶⁾ dai quali sono state estratte una serie di informazioni particolarmente interessanti.

In dettaglio le fonti Web vengono individuate da esperti di dominio e selezionate sulla base di diversi criteri qualitativi, quali presenza di data pubblicazione annuncio ed aggiornamento, presenza di campi semi-

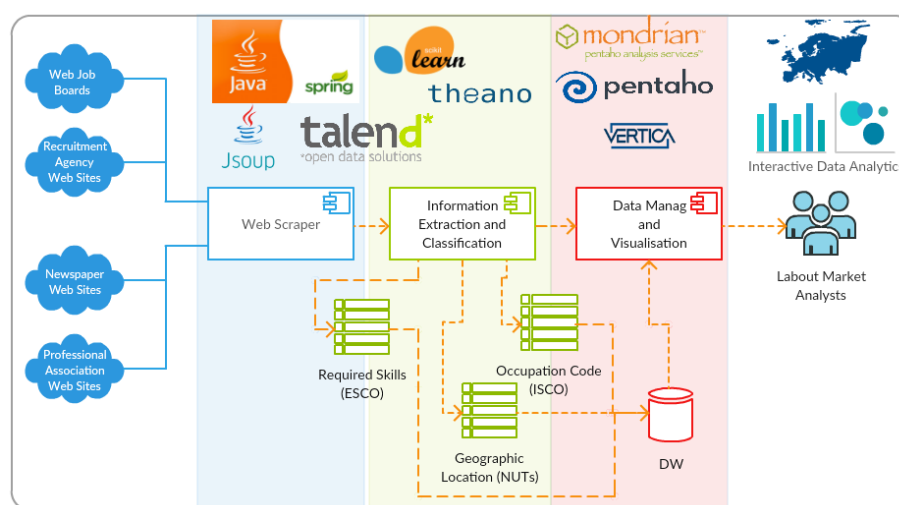
⁽¹⁵⁾ I. LEE, *Modeling the benefit of e-recruiting process integration*, in *Decision Support Systems* 51(1), 230-239, 2016.

⁽¹⁶⁾ Annunci di lavoro “unici”: il valore riportato è il risultato di un processo di qualità dei dati che elimina errori e duplicazioni (circa il 30% degli annunci scaricati sono eliminati dal processo di qualità e deduplica) – il dato di 2,4 milioni di annunci si riferisce al periodo: febbraio 2013-agosto 2017.

strutturati, completezza della valorizzazione dei campi, ecc. L'obiettivo di questa fase è garantire qualità dell'informazione e livello di copertura (completezza dei dati a livello territoriale, settoriale e delle occupazioni richieste) nella selezione delle fonti dati.

Nella figura 7 viene proposta l'architettura ⁽¹⁷⁾ della soluzione WollyBi e le principali caratteristiche.

Figura 7 – Architettura di WollyBi



Dalle sorgenti selezionate, i dati testuali degli annunci vengono estratti settimanalmente attraverso un componente applicativo – Web Scraper – che identifica le pagine dei siti web contenenti le vacancies e ne scarica il contenuto. Le pagine scaricate vengono analizzate sintatticamente (*parsering*) e viene estratto il loro contenuto al fine di ottenere: il titolo dell'annuncio, la descrizione, l'area geografica a cui si riferisce ed il settore economico dell'azienda richiedente. Tutte queste informazioni sono normalmente presenti negli annunci anche se, sparse in differenti posizioni delle pagine web in funzione del layout di ciascun sito. Successivamente, si applicano tecniche di qualità dei dati (*cleaning*) e

⁽¹⁷⁾Architettura WollyBi: principali componenti dei moduli applicativi della soluzione – la soluzione è realizzata con software *open source*.

deduplica, riconoscendo gli annunci pubblicati più volte su siti differenti o sullo stesso sito (ripubblicazione dello stesso annuncio allo scadere del precedente) attraverso analisi di similarità dei testi e altri parametri come ad esempio la data di pubblicazione ⁽¹⁸⁾.

Information extraction and classification. Il titolo e la descrizione dell'annuncio vengono utilizzati per la classificazione dell'informazione su standard classificatori, nel nostro caso ISCO/ESCO, processo che avviene attraverso l'utilizzo di algoritmi di *machine learning*. Questa attività è preceduta da un processo che utilizza un approccio denominato *bag-of-words* che consente di estrarre parole o insiemi di parole (bi-grammi, ecc.) rilevanti ai fini della classificazione di un testo scritto in linguaggio naturale ⁽¹⁹⁾.

Infine, è necessario individuare e quindi estrarre dalla descrizione del testo altre importanti informazioni, come le skill richieste, l'indicazione geografica, il salario (se presente) e ricondurle al rispettivo standard classificatorio. Il processo sopra descritto prevede diverse fasi di validazione delle conoscenze derivate dagli annunci, effettuate da esperti di dominio.

Sulla base delle competenze acquisite attraverso WollyBi i ricercatori CRISP-Unimib hanno sviluppato un prototipo europeo per il Cedefop ⁽²⁰⁾. Lo studio e la realizzazione del prototipo, che ha coinvolto 5 paesi ⁽²¹⁾ (Italia, Regno Unito, Repubblica Ceca, Irlanda e Germania) ha mostrato la rilevanza ed efficacia delle fonti Web per il supporto all'analisi del mercato del lavoro, ed ha posto le basi per la sua relativa

⁽¹⁸⁾ Le tecniche utilizzate per la messa in qualità dei dati e la deduplica dell'informazione derivano dall'analisi dei processi di gestione operativa delle pubblicazioni delle vacancy di diversi operatori (gestori dei siti web).

⁽¹⁹⁾ R. BOSELLI, M. CESARINI, F. MERCORIO, M. MEZZANZANICA, *Using Machine Learning for Labour Market Intelligence*, in The European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases – ECML-PKDD, 2017; R. BOSELLI, M. CESARINI, S. MARRARA, F. MERCORIO, M. MEZZANZANICA, G. PASI, M. VIVIANI, *WoLMIS: a labor market intelligence system for classifying web job vacancies*, in Journal of Intelligent Information Systems, Sep 2017.

⁽²⁰⁾ L'agenzia Europea Cedefop supporta lo sviluppo di programmi e politiche per il Vocational Education and Training (VET) e contribuisce alla loro realizzazione.

⁽²¹⁾ "Real-time Labour Market information on skill requirements: feasibility study and working prototype". Cedefop Reference number AO/RPA/VKVET-NSOFRO/Real-time LMI/010/14. Contract notice 2014/S 141-252026 of 15/07/2014.

estensione a tutti i 28 paesi membri della UE. Il progetto, guidato dal CRISP, ha come obiettivo la realizzazione di un osservatorio per l'analisi del Web labour Market europeo e terminerà entro il 2020.

5. Le potenzialità delle web vacancies per il mercato del lavoro di domani

Le potenzialità della base dati WollyBi sono molteplici e possono trovare applicazione in diversi ambiti conoscitivi.

Il primo riguarda l'esplorazione del mercato del lavoro attraverso l'analisi delle dinamiche derivanti dalla richiesta di professioni delle aziende.

Nei nostri studi abbiamo avviato un dialogo con diversi attori del mercato del lavoro per cogliere come i dati contenuti in WollyBi potessero rispondere ad alcune richieste informative sempre più rilevanti per aumentare la conoscenza di fenomeni di interesse e supportare i diversi processi decisionali.

Quattro sono i percorsi di analisi esplorativa emersi: il primo riguarda l'analisi per *area geografica* che consente di osservare le occupazioni e le skill richieste dalle aziende con differenti livelli di dettaglio territoriale: nazione, macro regione, regione, provincia, comune. L'osservazione può essere effettuata per periodi temporali selezionati (ultimo mese, trimestre, semestre o anno). Il secondo per *settore economico*, fino al secondo livello ATECO, consente inoltre di monitorare la dinamicità dei settori nei diversi livelli territoriali; il terzo permette di verificare sulla base di *skills rilevanti* possedute dalle persone le occupazioni che le richiedono e, scelta una occupazione, di osservare le altre skill richieste e la loro rilevanza così da consentire una gap analisi tra le proprie competenze e quelle richieste dal mercato. Il quarto abilita la *navigazione delle occupazioni* attraverso l'albero della tassonomia ISCO/ESCO consentendo di esplorare i dettagli informativi di ciascuna occupazione.

Di seguito si riportano a titolo esemplificativo due esempi di navigazione anche al fine di evidenziare un altro elemento fondamentale: la possibilità per utenti che non hanno formazione tecnica specifica di poter raggiungere con pochi click l'informazione cercata, accessibile tramite una interfaccia grafica visuale di facile e intuitivo utilizzo.

Quanto descritto evidenzia alcune potenzialità di analisi, ma come descritto nei paragrafi precedenti il paradigma che sottostà a questa tipologia di dati consiste nel “lasciare parlare i dati”. Infatti applicando tecniche di Analytics alla base dati delle vacancies si possono studiare diversi e molteplici fenomeni che sono di grande interesse per la creazione di valore conoscitivo dei diversi stakeholder del mercato del lavoro. Nel seguito si propongono alcuni esempi di analisi *ad hoc* certamente espressivi delle potenzialità analitiche dei dati del web.

Figura 8 – Interfaccia di navigazione per la ricerca di occupazioni e skill a livello territoriale

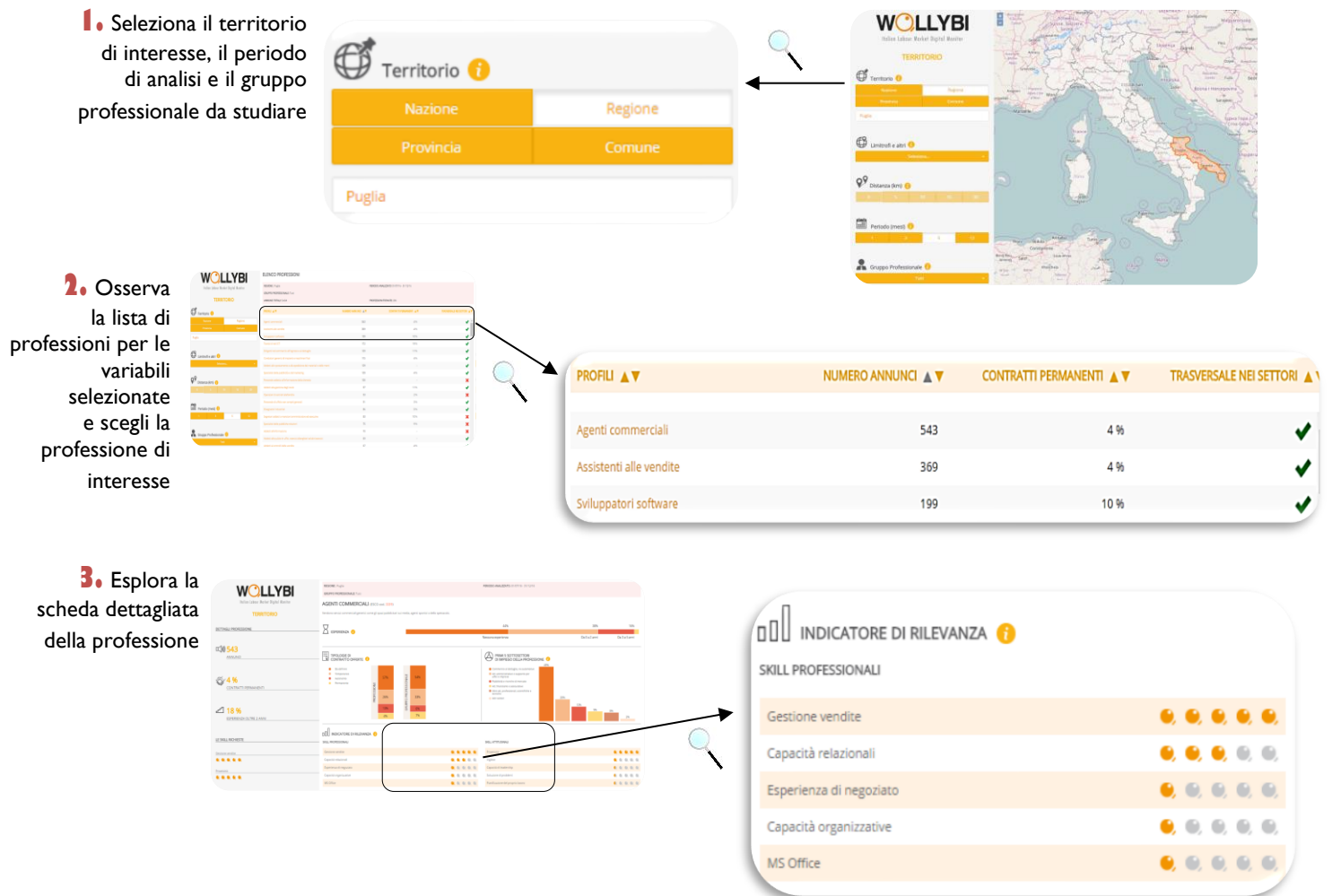


Figura 9 – Interfaccia di navigazione per la ricerca di occupazioni partendo dalle skill

1. Seleziona le skill di tuo interesse

WOLLYBI
Talent Labor Market Digital Assistant

COMPETENZE

Cerca la skill

Skill selezionate

- SKILL 1 Capacità relazionali
- SKILL 2 Capacità organizzative

Microsoft PowerPoint VM (sistema operativo) Extensible Markup Language (XML) Metodologia orientata all'oggetto Modellazione 3D Oracle (programmazione) Contabilità / verifiche contabili InDesign Matematica e statistica Programmazione CNC Adobe Photoshop Tecnica di saldatura Java Windows XP Esperienza di vendita diretta Java-script Strumenti di misura Fatturazione Verifica della qualità Linux Conoscenza normative Gestione delle relazioni con i clienti Norme di sicurezza SAP CRM Saldatura TIG UNIX SolidWorks Programmazione web Gestione di magazzini Manualità Programmi grafici Impianti elettrici Carrello elevatore Meccanica Contabilità MS Office Verniciatura a spruzzo Calibratura Professionalità Utilizzo pc Basi di dati relazionali Telecomunicazioni Macchine utensili Analisi dati Windows 2000 Lettura di disegni tecnici AutoCAD HTML5 Gestione vendite SQL CSS (Cascading Style Sheets) Economia e amministrazione Esperienza di negoziato Manipolazione materiali in acciaio Solid Edge Programmable logic controller Amministrazione salari Pianificazione della produzione Gestione del personale

Frequenza delle skill negli annunci 100%

2. Osserva la lista di professioni collegate alle skill selezionate e sceglie una

WOLLYBI
Talent Labor Market Digital Assistant

COMPETENZE

Cerca la skill

Skill selezionate

SKILL 1 Capacità relazionali

SKILL 2 Capacità organizzative

ELENCO PROFESSIONI

SKILL SELEZIONATE: Capacità relazionali, Capacità organizzative

ANNUNCI TOTALI: 115.004 PROFESSIONI TROVATE: 215

PROFILI	NUMERO ANNUNCI	SKILL 1	SKILL 2
Addetti a servizi statistici, finanziari e assicurativi	2.363	27	1
Addetti ad archivi e schedari	4.017	37	44

3. Esplora la scheda della professione selezionata

WOLLYBI
Talent Labor Market Digital Assistant

COMPETENZE

ADDETTI A SERVIZI STATISTICI, FINANZIARI E ASSICURATIVI (2104 - 402)

2.363 annunci

4% contenuti pertinenti

36% esperienza oltre 2 anni

SKILL ATTIDINALI

- Autonomia
- Lavoro in team
- Orientamento al risultato
- Riservatezza
- Inglese

5.1. Skill Digital Degree

Abbiamo sottolineato precedentemente come le competenze digitali siano sempre più richieste nel mercato del lavoro, a seguito della crescente diffusione delle nuove tecnologie. Utilizzando la base dati WollyBi è possibile calcolare lo Skill Digital Degree (SDD) che caratterizza ciascuna professione ⁽²²⁾. Lo SDD fornisce una misura della pervasività delle skill digitali ed è calcolato misurando l'incidenza delle skill digitali rispetto alle altre skill richieste in ogni singola professione.

Le figure 10 e 11 mostrano lo SDD per le professioni ICT ⁽²³⁾ e per le professioni non ICT (Osservatorio delle Competenze Digitali, 2017). È possibile notare come la pervasività delle skill digitali sia fortemente differenziata tra le diverse occupazioni, tendendo ad essere molto maggiore nelle professioni ICT rispetto a quelle non ICT. Tuttavia è interessante osservare come molte professioni non ICT siano caratterizzate da un uso elevato delle competenze digitali. È il caso ad esempio delle discipline amministrative e gestionali che utilizzano ora in modo diffuso software appositi, o ancora delle professioni inerenti alla gestione del personale in cui la componente di colloquio e di interazione diretta è stata in parte sostituita dalla componente di analisi attraverso i social media (es. LinkedIn) o dall'utilizzo di software dedicati.

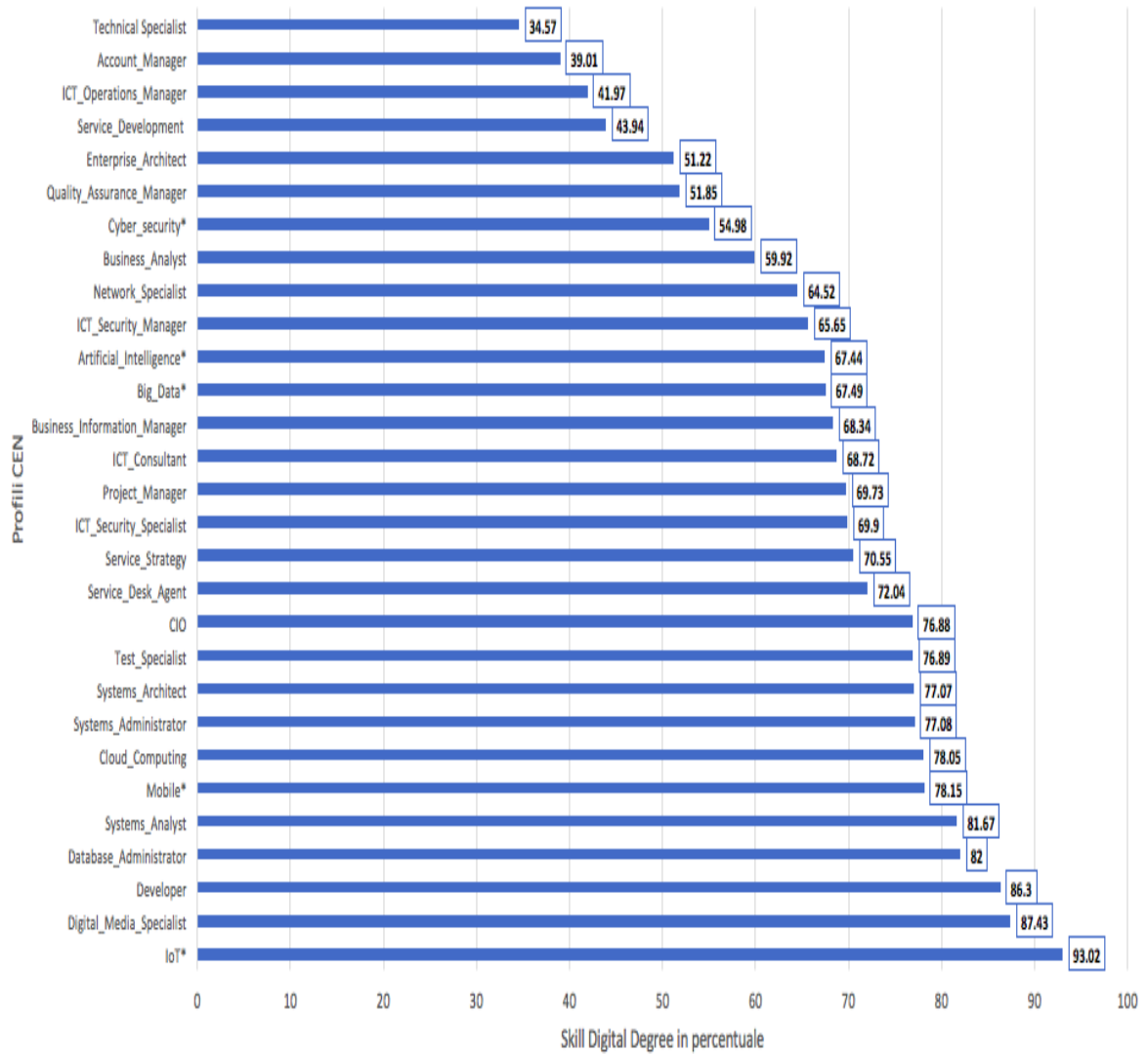
In particolare nelle grandi aziende le fasi di recruitment che tipicamente prevedono una lettura e una analisi dei CV, sono spesso assistiti da algoritmi che utilizzano l'intelligenza artificiale per analizzare grandi volumi di CV e selezionare quelli che contengono le skill richieste dai datori di lavoro. La granularità dell'informazione contenuta nei dati delle web vacancies consente anche di differenziare le tipologie di digital skills che sono richieste nelle diverse professioni. In particolare è possibile mostrare come le professioni caratterizzate da un basso SDD richiedano competenze digitali di base, ovvero competenze legate all'utilizzo del PC tout court o all'utilizzo di tipologie standard di

⁽²²⁾ S. DUSI, M. FONTANA, F. MERCORIO, M. MEZZANZANICA, *Analysing the Relevance of ICT Skills on occupations in Web Job Vacancies*, in Digital (R)Evolution and Its Effects on Labour: Opportunities and Challenges for Regional and Local Labour Market Monitoring, pages 3--44. Rainer Hampp Verlag, 2016.

⁽²³⁾ La classificazione delle professioni tra ICT e non ICT segue la classificazione proposta dall'Istat.

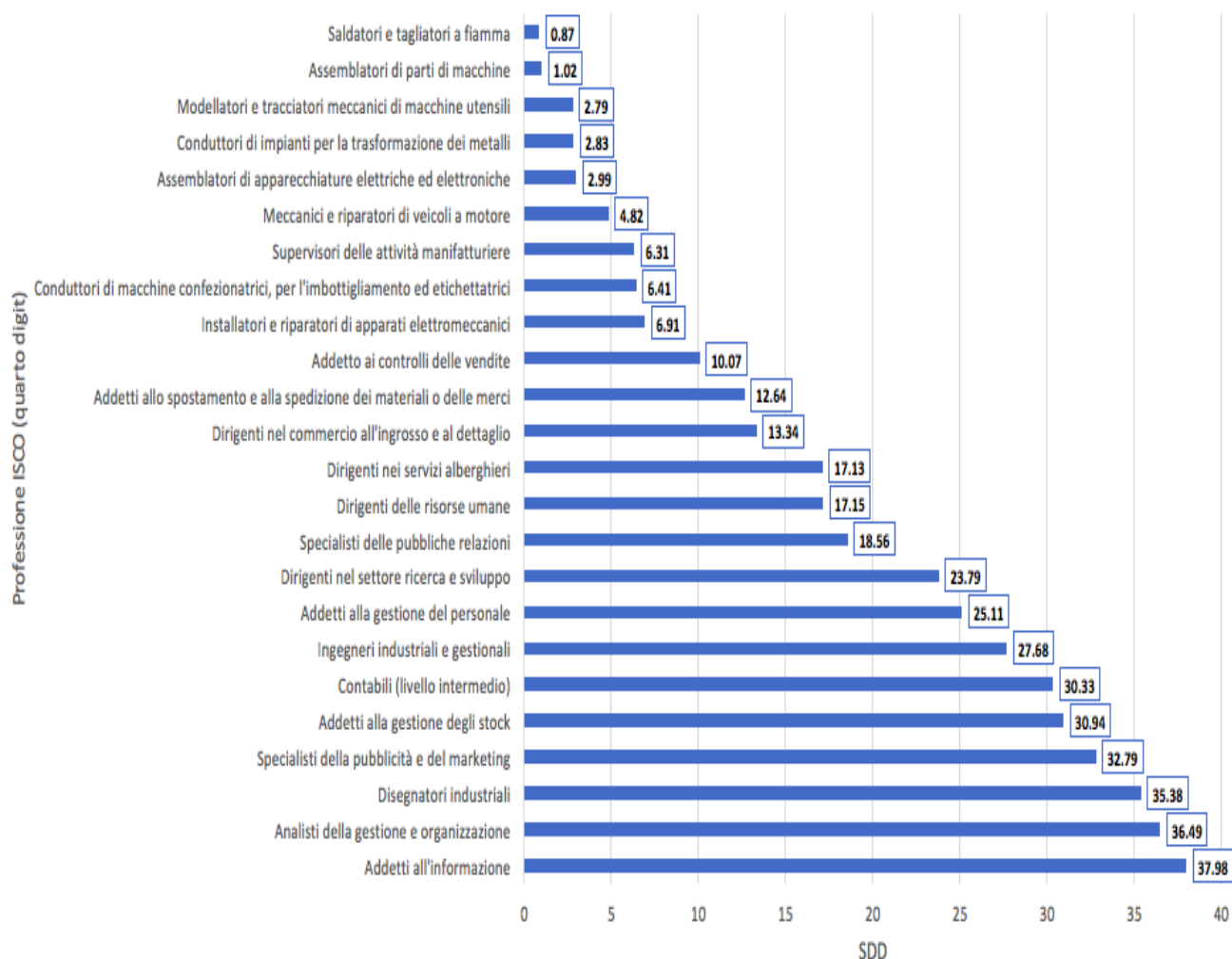
software (tipicamente word processor). Diversamente le professioni caratterizzate da un elevato SDD non hanno solo una elevata frequenza di competenze digitali ma la tipologia delle stesse è piuttosto avanzata, quale ad esempio la conoscenza di specifici programmi o linguaggi di programmazione.

Figura 10 – Skill digital Degree per le professioni ICT



Fonte: WollyBi

Figura 11 – Skill Digital Degree per le professioni non ICT



Fonte: WollyBi

5.2. Rilevare il cambiamento delle competenze richieste nelle singole professioni

Nel paragrafo precedente abbiamo mostrato come i dati delle web vacancies si prestino ad analizzare la diffusione di alcune competenze specifiche nelle professioni. Lo stesso approccio può essere impiegato

per analizzare se ed in che misura cambiano le competenze richieste nelle singole professioni, confrontando, all'interno della singola professione, le skill richieste nel 2013 con quelle richieste nel 2017.

In questo modo è possibile documentare molte delle dinamiche descritte precedentemente. Se da una parte molte competenze tecniche sono richieste sempre più nelle professioni non ICT a testimonianza del fatto che la tecnologia sta invadendo campi che precedentemente non le competevano, dall'altra assistiamo anche ad un fenomeno opposto dove in numerose professioni ICT vengono sempre più richieste competenze trasversali quali quelle relazionali. Tutto ciò si spiega con il fatto che la diffusione sempre più ampia della tecnologia ha reso molte professioni ICT non più circoscritte all'ambito più propriamente tecnico ma ha reso sempre più necessario il dialogo con diversi ambiti e discipline.

Due esempi aiutano a chiarire questi passaggi:

- La professione 2521 “*Specialisti nella progettazione e amministrazione di basi dati*” può essere considerata una tipica professione tecnica, peraltro in forte crescita data la crescente rilevanza dell'uso dei dati nel processo produttivo.

2521 – Specialisti nella progettazione e amministrazione di basi dati



- MANAGEMENT & ORGANIZATION: +21 p.p.
- MANAGE THE RELATIONS WITH CLIENTS: +18 p.p.
- ATTITUDES & VALUES: +12 p.p.



- DATA WHAREHOUSE: -11 p.p.
- ORACLE: -7 p.p.
- LINUX: -4 p.p.

- La professione 2431 “*Specialisti nella pubblicità e nel marketing*” non è senza dubbio classificabile come una professione ICT, tuttavia si osserva per essa una forte crescita delle competenze tecniche quali la conoscenza di Adobe Photoshop e di altri software di grafica (+3%) mentre sono in diminuzione le competenze attitudinali e il pensiero creativo (-7% e -2% rispettivamente)

2431 – Specialisti nella pubblicità e nel marketing



- ADOBE PHOTOSHOP: +3 p.p.
- GRAPHIC EDITING
SOFTWARES: +3 p.p.



- ATTITUDES & VALUES: -7 p.p.
- MS OFFICE: -3 p.p.
- THINK CREATIVELY: -2 p.p.

5.3. Le professioni emergenti e le loro competenze richieste

Il terzo esempio ha a che fare con la rilevazione delle nuove professioni emergenti ⁽²⁴⁾ e con l'analisi delle skill ad esse associate. Le principali nuove professioni sono il *Data Scientist*, l'analista del *Cloud Computing*, il *Cyber Security Expert*, il *Business Intelligence Analyst*, il *Big Data Analyst* e il *Social Media Marketing*.

Queste nuove professioni sono evidentemente legate alle nuove tecnologie e riguardano più di 7000 offerte di lavoro pubblicate sul web dal 2013 al 2017 con una crescita del 280%.

Sono professioni certamente specialistiche e che richiedono elevate competenze tecniche tuttavia l'analisi delle skill richieste denota come per queste professioni siano richieste anche notevoli competenze di carattere relazionale e sociale (soft skill).

A fianco delle competenze sociali la granularità delle informazioni contenute in WollyBi consente di identificare il dettaglio delle competenze specifiche richieste permettendo un notevole avanzamento nell'identificazione delle caratteristiche più minute di queste professioni emergenti. A titolo esemplificativo nelle figure 12 e 13 si

⁽²⁴⁾ S. MARRARA, G. PASI, M. VIVIANI, M. CESARINI, F. MERCORIO, M. MEZZANZANICA, M. PAPPAGALLO, *A Language Modelling Approach for Discovering Novel Labour Market Occupations from the Web*, in IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI 2017), pp. 1026--1034, 2017.

riporta la nuvola ⁽²⁵⁾ delle skill per le professioni del Cyber Security Expert e del Business Intelligence Analyst. Le parole in arancione rappresentano le soft skill, mentre quelle in azzurro le hard skill.

Figura 12 – Nuvola delle skill per la professione CYBER SECURITY EXPERT



Figura 13 – Nuvola delle skill per la professione BUSINESS INTELLIGENCE ANALYST



⁽²⁵⁾ Nella nuvola le dimensioni delle parole rappresenta la rilevanza e i diversi colori dividono hard da soft skill.

6. Conclusioni

Il mercato del lavoro dei prossimi anni sarà attraversato da cambiamenti straordinari indotti prevalentemente dalle innovazioni tecnologiche. Questi fenomeni, al fine di essere rilevati e analizzati, richiedono anche di pensare a nuovi strumenti conoscitivi. Questo articolo ha analizzato l'apporto che a questo proposito possono dare le web vacancies e il loro contributo informativo. L'analisi delle web vacancies è estremamente promettente per intercettare i cambiamenti del mercato del lavoro e in particolare per individuare le nuove professioni emergenti e le competenze ad esse associate.

Il mercato del lavoro del futuro: come i Big data possono aiutare a coglierne la sfida – Riassunto. *Questo articolo riassume i fattori principali che stanno caratterizzando il mercato del lavoro dei mercati avanzati e ne delinea le implicazioni in termini di domanda di lavoro e di competenze. Mostra come i cambiamenti del mercato del lavoro richiedano nuovi strumenti conoscitivi e presenta l'analisi delle web vacancies come una possibile risposta a questa esigenza, illustrandone alcuni esempi.*

The future labour market: how Big data can help in facing the challenge – Summary. *This article shows the major trends that are affecting labour markets in advanced economies, drawing the implications in terms of demand for skills and competences. It stresses the need for alternative measurements methods for detecting the changes that are affecting the labour market. It presents the analysis of web vacancies as a tool able to address these problems offering few examples.*

Le professioni digitali, dalle Industrie Creative Culturali alle trasformazioni di Industria 4.0

Tatiana Mazali*

Sommario: 1. Introduzione. – 2. Il lavoro digitale nelle Industrie Creative Culturali. – 3. Dal lavoro immateriale al lavoro materiale. – 4. Dalle ICC a Industria 4.0.

1. Introduzione

La creatività digitale è da sempre oggetto e terreno di narrazioni e retoriche costruite per sollecitare, inaugurare e sostenere nuove strade per lo sviluppo socio-economico, come testimoniato dalla prima fase di sviluppo delle dot.com, seguita dalle politiche di sostegno ai settori denominati con il termine ombrello di Industrie Creative Culturali (ICC) ⁽¹⁾, spesso in stretta relazione con le politiche di sviluppo urbano delle grandi città incardinate sulle speranze legate al potenziale delle *creative class* ⁽²⁾. Oggi questa linea “narrativa” incardinata sull’importanza della creatività digitale dà origine ad azioni di supporto diversificate: in Italia è il caso della legislazione che ha definito le

* Politecnico di Torino, Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio, tatiana.mazali@polito.it

⁽¹⁾ Non è univocamente condivisa la definizione dei settori che compongono le Industrie Creative Culturali. L’Inghilterra fu tra i primi paesi a formalizzare le ICC, nel 1998. Per un’analisi del contesto italiano si vedano: W. SANTAGATA (a cura di), *Libro bianco sulla creatività*, EGEA Università Bocconi Editore, 2009. SYMBOLA, UNIONCAMERE (a cura di), *Io sono Cultura – Rapporto 2017*, Fondazione Symbola, 2017.

⁽²⁾ R. FLORIDA, *L’ascesa della nuova classe creativa. Stile di vita, valori e professioni*, Mondadori, 2003.

startup innovative ⁽³⁾, a cui vanno aggiunte le azioni di sostegno alla nuova imprenditoria che risponde a bisogni sociali grazie all'utilizzo di soluzioni creative, anche nota con il termine "social innovation".

Fino ad oggi la creatività digitale, e le professioni ad essa legate, sembrava abitare quasi esclusivamente i settori chiaramente definiti delle ICT oppure quelli meno circoscrivibili, ma non per questo meno importanti, delle Industrie Creative Culturali. Ora, la digitalizzazione dei processi entra in modo prepotente anche nelle catene di produzione dei beni. La trasversalità del digitale (dei suoi strumenti e dei suoi linguaggi) percorre i contesti della "produzione delle idee" (le ICC), i territori di sviluppo dell'innovazione tecnologica (le start up innovative), la trasformazione dei servizi e la nuova manifattura, o più in generale le trasformazioni note con il termine Industria 4.0.

Il *trait d'union* tra questi settori/ambiti produttivi è il ruolo centrale assegnato al digitale, in altri termini la digitalizzazione spinta, sistemica, strutturale dei processi di produzione e di consumo.

Gli esiti e gli impatti sul lavoro e le professioni sono diversificati, non soltanto perché diverse sono le forme che la produzione assume, rispetto al prodotto, al settore, ai mercati, alla tipologia di impresa, ma anche perché il digitale è un concetto polimorfo, che cambia secondo gli strumenti nei quali si concretizza, nel modo in cui lo si adoperava e lo si ri-funzionalizza attraverso l'attività degli utenti ⁽⁴⁾. I sistemi socio-tecnici sono il risultato dell'azione reciproca tra gli attori (persone, tecnologie, luoghi/contesti), per comprenderli è necessario occuparsi nello specifico della cosiddetta "domestication digitale" ⁽⁵⁾, ossia di come le persone e gli strumenti si comprendono gli uni negli altri, come si modificano a vicenda a partire dai contesti della vita quotidiana.

In sintesi, il mondo digitale si declina in una pluralità di forme e modi della relazione uomo-strumento-lavoro.

Iniziamo con l'analizzare i contesti dove il lavoro creativo digitale si è storicamente formato, le ICC, i cui settori costituiscono il cuore

⁽³⁾ D.l. 179/2012, noto con il nome di "Decreto Crescita 2.0", e successive norme.

⁽⁴⁾ Secondo la linea di studi che si occupa del modellamento sociale delle tecnologie, tra cui il framework della *Social Shaping of Technology* D. MACKENZIE, J. WAJCMAN, *The Social Shaping of Technology*, Open University Press, 1999.

⁽⁵⁾ L. HADDON, *The contribution of domestication research to in-home computing and media consumption* in *The Information Society: An International Journal*, n. 22, 2006, pp. 195-203.

dell'economia creativa, intendendo con tale espressione la maggiore centralità di funzioni *creative-cognitive* nel ciclo di produzione e la nuova relazione tra produzione e consumo, non più separate, nella valorizzazione di beni e servizi.

2. Il lavoro digitale nelle Industrie Creative Culturali

Il lavoro creativo digitale è definito da John Hartley ⁽⁶⁾ nei termini della convergenza tra arti creative (legate al talento individuale) e industrie culturali di massa, nel contesto delle nuove tecnologie digitali dei media. Ne deriva che il lavoro creativo digitale è strettamente legato al mondo dei media (ambienti di comunicazione) e alla dialettica tra creatività individuale, che punta alla personalizzazione dei processi e dei prodotti, e la creatività nella produzione culturale di massa, che punta alla serializzazione e alla scalabilità di processi e prodotti, come tipicamente accade nel cinema, nelle grandi emittenti radiotelevisive e infine nelle *digital factories*.

La geografia delle professioni creative collegate al digitale è frutto di ibridazioni all'interno della nuova ecologia dei media, pesantemente ridefinita dai nuovi attori della Rete.

Il XIV Rapporto sulla comunicazione in Italia della Fondazione Rosselli ⁽⁷⁾ dedica un approfondimento al nuovo assetto di interdipendenze tra media tradizionali e attori della Rete, i cosiddetti "player over the top" (OTT), partendo dalla definizione delle tre fasi di sviluppo di Internet: "Età della scoperta" caratterizzata da una sostanziale deregulation dei flussi sociali ed economici; "Età della sperimentazione" (fino alla bolla delle dot.com degli anni '90) in cui gli utenti continuano a prediligere la fruizione gratuita dei contenuti e i tradizionali produttori di contenuti guardano con sospetto al trasferimento dei contenuti in rete per la difficoltà di trovare modelli di business remunerativi; l'attuale "Età del consolidamento" che si caratterizza per una catena del valore più articolata, un mercato più maturo e utenti con maggiore propensione alla sperimentazione di

⁽⁶⁾ J. HARTLEY (a cura di), *Creative Industries*, Blackwell, 2005.

⁽⁷⁾ F. BARCA, B. ZAMBARDINO (a cura di), *XIV Rapporto Iem. K'Anct rsqh' cdlk' bnl t ntb' yhnd hmE' kh' - Hnt nuh` ssnqh⇒noq' k' qdsd|| d'k' rnrndntuhts` della filiera di Internet*, Fondazione Rosselli, 2012.

servizi anche a pagamento. L'età del consolidamento corrisponde al passaggio al Web 2.0 e all'avvento delle pratiche di fruizione orientate alla condivisione.

I player OTT vengono classificati in sei macro-categorie, differenziate sulla base dei servizi erogati: motori di ricerca, portali, aggregatori, social media, e-commerce e file sharing. Le categorie non sono mutuamente esclusive dal momento che gli attori digitali offrono contemporaneamente servizi diversi: ad esempio Youtube può essere considerato un player a metà strada tra un aggregatore e un social network, iTunes e Netflix sono sia aggregatori che piattaforme di e-commerce.

In questa tendenza verso l'ibridazione di generi, servizi, settori la fase attuale è costituita dalla trasformazione dei player della Rete da distributori a produttori di contenuti creativi (come ci insegna il caso Netflix). Per utilizzare una metafora, possiamo dire che le imprese digitali dopo aver costruito le autostrade oggi costruiscono le autovetture e determinano un nuovo modello di guida e nuove regole stradali. Ma se è vero che tutti i prodotti culturali possono essere digitalizzati e utilizzano sempre di più la "natura" del digitale (i linguaggi e le forme di interazione con i pubblici), questo non significa che il passaggio dei diversi medium al digitale determini analoghi risultati. Lo spiega il 14° Rapporto sulla comunicazione del Censis ⁽⁸⁾, quando pone l'attenzione sulla scarsa capacità dei libri elettronici di attirare nuovi lettori, tendenza rimasta invariata negli ultimi anni nonostante i diversi rilanci di device e modelli per la lettura elettronica. Per contro, risulta una tendenza in crescita la novità rappresentata dalle piattaforme che diffondono servizi digitali video e audio come Netflix o Spotify, che seppur raggiungano un pubblico ancora minoritario in termini quantitativi (l'11,1% degli italiani guarda programmi dalle piattaforme digitali video e il 10,4% ascolta musica da quelle audio), sono portatori del principale cambiamento che sta trasformando l'ecologia delle industrie creative: il passaggio dalla rete aperta alle piattaforme multicanale ⁽⁹⁾.

⁽⁸⁾ CENSIS-UCSI, *14° Rapporto sulla comunicazione. I media e il nuovo immaginario collettivo*, Franco Angeli, 2017.

⁽⁹⁾ M. VALERII, *L'immaginario collettivo nell'era biomedica*, in *Digitcult@Scientific Journal on Digital Cultures*, 2017 (in corso di pubblicazione).

Dal punto di vista dei modelli di business, con impatto sulle professioni, questa fase rappresenta anche il passaggio al capitalismo delle piattaforme ⁽¹⁰⁾ che travalica i settori delle ICC e abbraccia i nuovi scenari d'impresa e del lavoro della gig economy, e per alcuni versi anche quello della sharing economy.

Le professioni del sistema dei media tradizionali si ibridano con le professioni del settore delle ICT nei nuovi trend dell'innovazione tecnologica. Emergono profili lavorativi che impiegano competenze ibride, a cavallo tra tecnologia, comunicazione e marketing: web designer, web master, user experience analyst, social media manager. I manager della "nuvola" e gli specialisti dei big data e i contenuti mobili sono tra le figure più ricercate. La cartografia di queste professioni è composta dalla specializzazione dei contesti ICT in dialogo serrato con i settori della comunicazione testuale, visiva e audiovisiva.

Dal punto di vista delle forme del lavoro, assistiamo alla "singolarizzazione" del lavoro, all'interno dei media assistiamo alla crescita delle produzioni di contenuti ad opera di singoli individui, produzioni su piccola scala, ma anche collaborative e quasi sempre project-based (a corto raggio, intermittenti), spesso al confine tra commerciale e non commerciale (e tra paid work e free work) ⁽¹¹⁾, a fronte della crisi dell'idea istituzionalizzata di produzione culturale legata alle grandi industrie culturali e dei media tradizionali ⁽¹²⁾.

Quale lavoro ritroviamo oggi all'interno di questa ecologia digitale? Se manteniamo la bussola di osservazione sul lavoro creativo, dunque non guardiamo il lavoro nella gig economy, i professionisti della creatività digitale sono per un verso fortemente richiesti, in particolare le professioni strettamente ICT ⁽¹³⁾, per un altro appaiono condensare i trend generali di cambiamento del lavoro contemporaneo, al di là delle specifiche professioni.

⁽¹⁰⁾ B. VECCHI, *Il capitalismo delle piattaforme*, Manifestolibri, 2017.

⁽¹¹⁾ T. TERRANOVA, *Free Labor: Producing Culture for the Digital Economy*, in *Social Text*, vol.18, n.2/63, 2000, pp. 33-58.

⁽¹²⁾ M. BANKS, R. GILL, S. TAYLOR (a cura di), *Theorising Cultural Work. Labour, continuity and change in the cultural and creative industries*, Routledge, 2013, pp. 161-174.

⁽¹³⁾ AICA, ASSINFORM, ASSINTEL, ASSINTER (a cura di), *Osservatorio delle Competenze Digitali 2017*, Maggio 2017.

In base a una recente ricerca italiana condotta su un campione di 500 autori-progettisti creativi digitali ⁽¹⁴⁾, emerge una geografia, dal punto di vista dei soggetti-lavoratori, costituito da luci ed ombre.

Partiamo dalle nozioni di good work e bad work proposte da David Hesmondhalgh e Sarah Baker per analizzare il lavoro creativo: il good work corrisponde a «decent pay, hours and safety; autonomy; interest and involvement; sociality; esteem and self-esteem; self-realisation; work-life balance; security» ⁽¹⁵⁾, il bad work a «poor pay, hours and safety; powerlessness; boredom; isolation; self-doubt and shame; overwork; insecurity and risk» ⁽¹⁶⁾. I creativi digitali incontrati in questa ricerca oscillano tra gli estremi della dicotomia good and bad. Sono per lo più professionisti che, in virtù del ruolo autoriale e di progettazione, detengono competenze composite e alti gradi di autonomia, anche soffrendo la mancanza di un adeguato riconoscimento sociale del proprio lavoro. Sono lavoratori dalle mansioni complesse, sfaccettate, diversificate, non sono *microworkers* ⁽¹⁷⁾, sono altamente formati eppure in perenne formazione con modalità *peer* (condivisione di pratiche e conoscenze tra pari). Soffrono del processo di pauperizzazione del lavoro, con redditi spesso ai limiti della sostenibilità, integrati sovente grazie al sostegno economico delle famiglie.

Questi lavoratori prediligono il lavoro in team, usano il web per costruirsi una reputazione professionale, ma non lo sostituiscono al networking personale reale, indispensabile per alimentare il proprio lavoro. Diversamente da quel che sostengono le narrazioni comuni, sono tutt'altro che lavoratori globali, invece operano principalmente all'interno di perimetri geografici ristretti, per lo più regionali. Sono lavoratori "appassionati", spinti da un continuo desiderio esplorativo per il nuovo e il diverso. Sono soggetti consapevoli, in bilico tra decostruzione e capacità di resilienza, attori sociali all'interno di meccanismi dove controllo e sfruttamento prendono nuove forme. Sono

⁽¹⁴⁾ T. MAZALI, *Digital Workers. I professionisti della creatività digitale*, Aracne, 2016.

⁽¹⁵⁾ D. HESMONDHALGH, S. BAKER, *Creative Labour. Media work in three cultural industries*, Routledge, 2011, p. 17.

⁽¹⁶⁾ *Ibidem*.

⁽¹⁷⁾ Lavoratori che svolgono micro attività offerte e scambiate su piattaforme digitali in modalità *crowding*, pagate poche centesimi, come nel caso di Mechanical Turk di Amazon.

professionisti pragmatici e poco ideologici, alla continua ricerca di un equilibrio soggettivo ricercato e trovato attraverso il mantenimento di una forte motivazione personale e sistemi di relazione professionali.

In sintesi, e per usare i termini di Hesmondhalgh e Baker, le caratteristiche del lavoro creativo digitale che emergono da questa ricerca sono: dal punto di vista degli elementi good l'autonomia, l'interesse, il coinvolgimento e la socialità; dal punto di vista degli elementi bad le basse remunerazioni, l'overwork, l'insicurezza e il rischio.

Ritroviamo in questo campione di creativi alcune caratteristiche generali del lavoro contemporaneo: la richiesta di esprimersi e agire con autonomia, unita alla capacità di mantenersi "in relazione" (capacità di comunicazione, capacità relazionali, capacità di gestione dei conflitti); la tendenza a mettere in atto forme di self-exploitation⁽¹⁸⁾ indotte dall'esigenza di costruire e mantenere un'alta reputazione digitale; l'alto contenuto affective⁽¹⁹⁾ del lavoro che corrisponde alla messa in campo della sfera emozionale personale per lo svolgimento del lavoro (caratteristiche tipiche del lavoro creativo sono la passione e il desiderio di esprimersi) ma anche alla crescente richiesta di adesione di tutte le sfere di vita del soggetto-lavoratore al progetto imprenditoriale; la spinta al capitalismo personale⁽²⁰⁾, la diffusa imprenditorializzazione nel lavoro autonomo di seconda generazione⁽²¹⁾ unita alla necessità di adattarsi alle regole di scambio che si stanno diffondendo nel capitalismo delle piattaforme (ad esempio i marketplace digitali che stanno disintermediando offerta e domanda di lavoro).

Nuove configurazioni del collettivo emergono, tra cultura digitale e lavoro digitale: la tendenza della *participatory culture*⁽²²⁾ guida parte delle produzioni medialiali di oggi; il cortocircuito tra produzione e consumo fa nascere figure ibride di produttori di contenuti tra

⁽¹⁸⁾ A. ROSS, *Nice Work if you Can Get it: Life and Labor in Precarious Times*, New York University Press, 2009, p. 18.

⁽¹⁹⁾ M. HARDT, *Affective Labor* in *Boundary 2*, vol. 26, n. 2, 1999, pp. 89-100.

⁽²⁰⁾ A. BONOMI, E. RULLANI, *Il capitalismo personale. Vite al lavoro*, Einaudi, 2005.

⁽²¹⁾ S. BOLOGNA, A. FUMAGALLI (a cura di), *Il lavoro autonomo di seconda generazione. Scenari del postfordismo in Italia*, Feltrinelli 1997.

⁽²²⁾ H. JENKINS, *Cultura Convergente*, Apogeo, 2007.

professionismo e non professionismo (*proam* – *producer* – *amateur*)⁽²³⁾ innescando inediti meccanismi di conflitto; l'implementazione di modalità *crowding* per l'autofinanziamento di progetti creativi o per la ricerca di lavoro sono nuove pratiche per la crescita professionale che hanno però ben presto mostrato potenziali effetti perversi, come nel caso della *gig economy*⁽²⁴⁾.

3. Dal lavoro immateriale al lavoro materiale

Nel dibattito contemporaneo sulle trasformazioni del lavoro legate all'utilizzo sempre più pervasivo di strumenti, ambienti, linguaggi digitali emerge una figura chiave, emblematica e idealtipica: l'artigiano digitale⁽²⁵⁾.

Alcuni tratti tipici definiscono la figura dell'artigiano digitale, *bricoleur*⁽²⁶⁾ contemporaneo: l'importanza della *community* (gruppo di pari) per il riconoscimento della propria professione, un *modus operandi* basato su prove ed errori e miglioramento continuo, pratiche di apprendimento *peer to peer* basate sull'esperienza, l'unione di conoscenze formali legate a un'alta specializzazione e competenze tacite frutto di esperienza non codificata ma sedimentata nel tempo.

Una declinazione specifica del modello idealtipico dell'artigiano digitale è rappresentata dai *makers*⁽²⁷⁾, produttori di artefatti fisici con strumenti della *digital fabrication*. I lavoratori digitali, oggi, producono sia contenuti immateriali a forte valenza simbolica (per i settori ICC) sia beni fisici partendo dal codice digitale. La comune natura digitale permette a contenuti immateriali e beni fisici di poter essere trasformati e trattati algebricamente, progettati collettivamente in modo collaborativo, condivisi a livello globale attraverso la Rete.

⁽²³⁾ P. FLICHY, *La società degli amatori. Sociologia delle passioni ordinarie nell'era digitale*, Liguori, 2013.

⁽²⁴⁾ X. MA, P. PARIGI, *The gig economy*, in *XRDS: Crossroads*, vol. 23 n.2, 2016, pp. 38-41; M. GRAHAM, J. SHAW (a cura di), *Towards a Fairer Gig Economy*, Meatspace Press 2017.

⁽²⁵⁾ R. SENNETT, *L'uomo artigiano*, Feltrinelli, 2008; S. MICELLI, *Futuro artigiano. L'innovazione nelle mani degli italiani*, Marsilio, 2011.

⁽²⁶⁾ C. LÉVI-STRAUSS, *Il pensiero selvaggio*, Il Saggiatore, 1964.

⁽²⁷⁾ C. ANDERSON, *Makers. Il ritorno dei produttori. Per una nuova rivoluzione industriale*, Rizzoli Etas, 2013.

L'artigiano digitale contemporaneo non è figura univoca e compatta, si declina in professioni molto distinte tra loro che condividono però i tratti idealtipici del *demiourgos* dell'antica Grecia: «La parola greca che traduciamo con artigiano è *demiourgos*, un composto che unisce l'idea di pubblico (*demios*: “appartenente al popolo”) e di produzione (ergon: opera, lavoro)»⁽²⁸⁾. Due sono le direzioni del lavoro digitale su cui vogliamo mettere l'attenzione: l'artigiano digitale esperto (gli sviluppatori di open software e open hardware, più in generale le comunità di professionisti digitali altamente specializzati e le cui pratiche sono fortemente condivise), il “pro-am” (il non esperto, il media-user contemporaneo, al contempo consumatore e produttore di cose, materiali o immateriali).

L'artigiano digitale esperto (makers e professionisti delle industrie digitali) e l'artigiano digitale non esperto (i pro-am delle pratiche di co-produzione messe a valore dalle industrie digitali) si differenziano sulla base dell'expertise, del diverso grado di professionalizzazione, sulla capacità di assicurare o meno la massima qualità possibile nello svolgimento delle pratiche: il pro-am non crea/produce qualcosa perché sa farlo bene, ma perché può (disponibilità di strumenti) e vuole (motivazione) farlo. La figura del pro-am è frutto della diffusione delle pratiche del consumo e della produzione che dipendono più dalle tecnologie abilitanti (tra cui le piattaforme digitali 2.0, di cui i social network sono l'esempio più noto) piuttosto che da competenze professionali abilitanti.

Sulla possibile dissociazione tra qualità “certificata” (da competenze formalizzate e/o dal riconoscimento di un gruppo di pari esperti) e lavoro, sollecitata dalla diffusione delle pratiche pro-am, si gioca oggi uno dei conflitti principali tra esperti e non esperti, tra lavoratori/produttori professionisti e lavoratori/produttori non professionisti.

Fatto salvo il diverso grado di expertise, artigiani digitali professionisti e pro-am condividono alcune caratteristiche inerenti modalità di apprendimento e modalità del fare sollecitate dai sistemi socio-tecnici digitali. Come ci ricorda Richard Sennett, abilità, tecnica e maestria sono elementi che vengono appresi e aggiornati attraverso routine in un percorso aperto. La pratica, l'esercizio non sono solo mezzi per raggiungere un risultato predeterminato dalle condizioni di partenza

⁽²⁸⁾ R. SENNETT, *op. cit.*, p. 29.

(sistema chiuso), bensì possono essere condotti mantenendo dinamicamente aperta la struttura soluzione-problema. Il digitale è un sistema aperto, grazie alla sua natura processuale ⁽²⁹⁾. Il digitale ha instaurato l'era della ripetizione evolutiva, non più ripetizione degli stessi eventi bensì ricorsività dinamica e trasformativa. Grazie ai microprocessori e alla natura algoritmica del digitale le macchine di oggi possono essere sistemi aperti capaci di trasformarsi sulla base dell'esperienza d'uso degli utenti.

La natura aperta del digitale non è però una proprietà transitiva che dagli strumenti arriva senza soluzione di continuità all'utente che li utilizza. Il computer permette di espropriare l'utilizzatore dalle attività ripetitive che vengono svolte in modo automatico dal computer stesso, questo tende a creare nell'individuo una separazione tra mente e mano, inibendo l'espansione di quelle abilità basate sulla stretta congiunzione di mano e mente nelle routine ripetitive aperte (che conducono a una modificazione del risultato sulla base dell'esperienza accumulata nelle routine), come ci spiega Sennett:

«Si fa un cattivo uso delle macchine quando attraverso di esse si privano gli esseri umani dell'esperienza di imparare a loro volta dalla ripetizione. Le macchine intelligenti offrono all'essere umano la possibilità di scindere la comprensione intellettuale dall'apprendimento ripetitivo, che segue le istruzioni, che usa la mano. Questo succede a scapito delle facoltà concettuali umane» ⁽³⁰⁾.

L'esempio che chiarisce questo concetto è rappresentato dall'uso del CAD (Computer-Aided Design) nella progettazione architettonica. L'architettura basata sul disegno manuale è un'architettura basata sull'appropriazione sensoriale della materia, dal disegno al modello al cantiere per ritornare al disegno, mentre l'architettura basata sulla virtualizzazione di tutte le fasi progettuali attraverso software per la progettazione assistita impedisce il radicamento del progetto nella realtà, ne impedisce un'incorporazione sinestetica nella mente del progettista.

La lezione che ci viene dall'esempio del CAD è la seguente: l'uso del digitale all'interno di sistemi chiusi estromette l'esperienza dell'errore in chi li utilizza conducendo a una diminuzione delle capacità in favore di una semplificazione delle pratiche; al contrario il digitale che

⁽²⁹⁾ L. MANOVICH, *Il linguaggio dei nuovi media*, Olivares, 2002.

⁽³⁰⁾ R. SENNETT, *op. cit.*, p. 45.

favorisce l'emersione del complesso è funzionale all'accrescimento delle abilità. Il digitale utilizzato esclusivamente per predeterminare una soluzione, occultando i problemi e fornendo soluzioni semplificate, ha come conseguenza il venir meno dell'intelligenza relazionale, quel tipo di intelligenza che si basa sulla capacità di ascoltare continuamente il contesto (anche sociale) e di rapportarsi ad esso attraverso azioni adattative.

«Laddove Linux è predisposto per scoprire i problemi, il CAD è usato spesso per nasconderli. Questa differenza spiega in parte la grande popolarità commerciale dei sistemi CAD: possono essere usati per mettere in atto la rimozione delle difficoltà [...] le forme sono risolte prima del loro uso: gli algoritmi tracciano quasi istantaneamente un quadro totale e totalizzante»⁽³¹⁾.

Entrambi questi scenari a cui va incontro il lavoro digitale possono condizionare tanto il lavoro esperto quanto il lavoro non esperto.

4. Dalle ICC a Industria 4.0

Specializzazione professionale *versus* lavoro meno specializzato, semplificazione del lavoro nei modelli chiusi *versus* modelli aperti di apprendimento e crescita professionale, sono alcune dicotomie del lavoro digitale che vanno tenute in considerazione nell'analisi delle opportunità e delle criticità del lavoro "4.0", prefigurato nelle trasformazioni industriali che ricadono all'interno del termine ombrello Industria 4.0.

Le locuzioni Fabbrica del Futuro (preferita nei documenti della Comunità Europea) e Industria 4.0 (termine oggi prevalente), così come i tanti sinonimi impiegati nei diversi contesti nazionali e documenti di politiche – "integrated industry", "innovative factory", "smart industry", "digital industry", "advanced manufacturing", "connected industry" – hanno un riferimento comune: le tecnologie digitali della comunicazione e dell'informazione.

L'idea di fabbrica che viene tratteggiata dagli esperti propone l'unione del modello dell'automazione, in continuità con il modello industriale novecentesco, con un modello che fa propri i tratti caratteristici della cultura del digitale: sistemi knowledge-based, utilizzo pervasivo di

⁽³¹⁾ *Ibi*, p. 50.

sensoristica (dalla connettività di rete alla connessione totale nei sistemi IOT), flessibilità e adattabilità dei processi (sul modello dei sistemi aperti), passaggio dalla verticalità della specializzazione all'orizzontalità dei processi (modello della comunicazione).

Uno degli elementi chiave delle trasformazioni "4.0", fattivamente rintracciabile in alcuni luoghi di produzione del lavoro contemporaneo ⁽³²⁾, è il passaggio dalla centralità delle tecnologie (strumenti) dell'informazione alla pervasività degli ambienti di comunicazione. Le tecnologie dell'informazione e della comunicazione, in uso fuori e dentro i luoghi del lavoro, sono prevalentemente ambienti di comunicazione, intermediazione e relazione tra persone (consumatori e produttori, lavoratori esperti e lavoratori non esperti), luoghi, oggetti e macchine.

Per comprendere la relazione tra digitale e lavoro, in particolare nel passaggio dalle tecnologie dell'automazione degli anni '80 e '90 agli ambienti digitali di comunicazione nei processi di lavoro 4.0, dobbiamo comprendere i linguaggi specifici del digitale, le sue regole, le "affordance" e l'"agency" ⁽³³⁾ che si instaura tra questi strumenti e il lavoratore. Con il termine "agency" si intende quella "disposizione all'azione" che struttura il movimento, distribuisce e organizza le componenti (umane e non) e che è caratteristica dei dispositivi. Assumiamo il punto di vista di Bruno Latour e consideriamo la tecnologia un attore o agente che esercita un'agency; in quanto tale può piegare lo spazio intorno a sé, condizionare gli altri elementi ad essa relazionati. Il lavoratore immerso negli ambienti digitali della comunicazione è condizionato dalle limitazioni e dalle possibilità offerte da questi ambienti. Nella relazione uomo-macchina digitale si instaura una co-costruzione di possibilità d'azione determinata dall'insieme delle capacità e delle pratiche del lavoratore e degli elementi iscritti nella tecnologia. Sono questi elementi a determinare una vera e propria geografia di azioni a carattere prescrittivo. L'esito di questa co-costruzione è una tensione continua tra innovazione e routine, tra creatività (innescata dagli usi sociali delle tecnologie) e ripetizione (dovuta al solidificarsi delle pratiche). L'agency digitale si

⁽³²⁾ A. MAGONE, T. MAZALI (a cura di), *Industria 4.0. Uomini e macchine nella fabbrica digitale*, Guerini e Associati, 2016.

⁽³³⁾ B. LATOUR, *Reassembling the Social*, Oxford University Press, 2005.

sostanza in sei caratteristiche fondamentali, dalle quali dipendono le forme del lavoro digitale:

1) Processualità. Le azioni del lavoro diventano processi, percorsi aperti, soggetti a ridefinizione continua. La natura processuale del codice digitale mette in primo piano la dimensione del tempo (accelerato, riprogrammato), dello svolgimento *in fieri*, del work in progress (sinonimo di adattabilità).

2) Apertura. Le azioni e le modalità del lavoro possono essere caratterizzate da flessibilità e variabilità se il digitale viene incorporato all'interno di modelli aperti.

3) Logica delle *release* ⁽³⁴⁾. Le azioni e le modalità del lavoro possono essere orientate al miglioramento continuo.

4) *Embodied gesture, natural interfaces*. Le interfacce digitali oggi sviluppano sempre di più forme di interazione naturale. Nei luoghi del lavoro, il rapporto tra uomo e macchina, tra lavoratore e produzione si basa sempre di più sulla naturalità dei gesti. Le interfacce corporee dei media digitali creano un rapporto disintermediato tra lavoratore e lavoro, diverso da quello della fabbrica automatizzata degli anni '80 e '90, basato al contrario su una forte mediazione. La media-azione che si instaura tra lavoratore e macchina di produzione, con l'uso dei media digitali per il controllo e lo svolgimento dei task lavorativi, tende a diventare trasparente al lavoratore, intuitiva e facilmente trasmissibile ad altre persone.

5) Dimensione *always on*, connettività. La produzione diventa un flusso continuo di informazioni interoperabili. L'esito è una iperconnessione di azioni-informazioni-feedback del lavoro. Questa iperconnessione permette di reagire in modo veloce e flessibile ma, allo stesso tempo, elimina ogni possibilità di spazio privato nella relazione tra lavoratore e lavoro.

Queste caratteristiche sono comuni nel lavoro degli artigiani digitali delle ICC e dei lavoratori-artigiani-operai digitali 4.0.

Il passaggio dal modello artigianale tradizionale al modello digitale della produzione si riflette nel passaggio dalla centralità delle conoscenze tacite e informali alla centralità delle conoscenze iperformalizzate, trasmissibili e riutilizzabili dei device digitali e dei loro linguaggi multimediali. Ne consegue un cambio di prospettiva nella gestione della complessità: se prima era ripartita tra progettazione

⁽³⁴⁾ Il termine è mutuato dal lessico informatico.

e produzione, e al lavoratore esperto era richiesto di partecipare con le proprie conoscenze alla risoluzione dei problemi, oggi la complessità è dominio quasi esclusivo dell'engineering, all'operaio della linea resta la polifunzionalità concessa dagli strumenti digitali.

L'operaio-artigiano detentore di conoscenza tacita e alta competenza trasmissibile attraverso l'apprendimento imitativo on the job, perde progressivamente ruolo nel passaggio alle industrie digitali: il repository di conoscenza necessaria alla produzione viene standardizzato e reso trasmissibile attraverso i linguaggi della multimedialità, le informazioni da passare a una catena industriale riformulata digitalmente sono profondamente diverse e richiedono persone capaci di rendere didatticamente comprensibile il progetto complesso della produzione a un operaio tendenzialmente meno capace del suo predecessore. Nel mezzo si allarga lo spazio occupato dagli ingegneri che traducono l'innovazione in processi industriali.

Come si ottiene questo passaggio? In parte con la simulazione, la rappresentazione tridimensionale nella realtà virtuale immersiva del prodotto e della produzione, con riproduzioni navigabili spazialmente e sensorialmente grazie a efficaci device di manipolazione del dato digitale visualizzato in forma di immagine. È il dominio dei linguaggi della multimedialità dei media digitali. A questo si aggiunge il multitasking tipico dei media digitali, che distrugge la linearità del processo industriale tradizionale. Che tipo di lavoratore resta sulle linee di produzione? Alla figura dell'artigiano tradizionale si sostituisce una declinazione particolare degli artigiani digitali sopra descritti: lo *user* dei media digitali, che importa nel lavoro le competenze e le pratiche acquisite attraverso l'uso dei media digitali personali nella sua vita quotidiana.

Dal momento in cui nella relazione uomo-macchina nelle industrie digitali 4.0 si insinuano, fino a diventare diffusi e centrali, device mobili come il tablet e lo smartphone, si assiste a una semplificazione degli step di lavoro che vengono digitalmente visualizzati e controllati attraverso un codice di gestualità ordinario, già incorporato nelle nostre esperienze d'uso della vita quotidiana.

Al lavoratore viene richiesta in primo luogo la familiarità con gli strumenti/ambienti di comunicazione che assicurano una certa velocizzazione dell'apprendimento, poiché sono strumenti che parlano una lingua universale, fatta di simboli visivi, iconici, standardizzati e globali; inoltre le interfacce interattive digitali sono sempre più

naturali, adattive e *responsive*, e mettono in moto una relazione uomo-macchina trasparente e semplificata. L'operaio-artigiano *user* digitale è dunque un operaio aumentato dall'uso dei media digitali ma diminuito di esperienza specializzata.

Al lavoratore 4.0 sono richieste più competenze relative ai mezzi di comunicazione digitali – l'informatica come dominio specialistico, ma anche l'abitudine ai linguaggi della multimedialità a livello non specialistico – e meno competenze di prodotto. Tra le conseguenze, in definitiva, vi è una perdita di specializzazione, di artigianalità nel suo senso storico, di esperienza soggettiva-individualizzata, in favore della acquisizione di capacità multitasking e relazionali all'interno di sistemi socio-tecnici semplificati dal punto di vista dei task a valle ma certamente più complessi nella gestione a monte.

Il lavoratore *media user* qui descritto non è generalizzabile ma offre una vista su una particolare morfologia che il lavoro 4.0 inizia ad assumere nelle realtà produttive di oggi.

Le professioni digitali, dalle Industrie Creative Culturali alle trasformazioni di Industria 4.0 – Riassunto. *La creatività digitale, e le professioni ad essa legate, non sono più dominio esclusivo di alcuni settori, storicamente le ICT e le ICC (Industrie Creative Culturali). Ora, la digitalizzazione dei processi entra in modo prepotente anche nelle catene di produzione dei beni fisici. La trasversalità del digitale, dei suoi strumenti e dei suoi linguaggi, percorre i contesti della "produzione delle idee" (le ICC), i territori di sviluppo dell'innovazione tecnologica (le start up innovative), la trasformazione dei servizi e la nuova manifattura, definita con il termine Industria 4.0. Il trait d'union tra questi settori/ambiti produttivi è il ruolo centrale assegnato al digitale, in altri termini la digitalizzazione spinta, sistemica, strutturale dei processi di produzione e di consumo. Gli esiti e gli impatti sul lavoro e le professioni sono diversificati, ma alcune caratteristiche nella relazione contemporanea tra lavoro e digitale risultano ricorrenti e dipendono dalla specificità della cultura digitale messa "al lavoro". L'articolo descrive tali caratteristiche avvalendosi di recenti ricerche empiriche condotte dall'autrice sia nei settori ICC sia all'interno di fabbriche 4.0.*

Digital professions, from Creative Cultural Industries to Industry 4.0 – Summary. *Digital creative professions are no longer exclusive domains of some sectors, basically ICTs and ICCs (Creative Cultural Industries). Now, the digitization of processes enters even in the production chains of physical goods. The transversality of digital media, its tools and its languages, transforms the contexts of "production of ideas" (ICCs), the areas of technological innovation (start ups), the new contexts of "production of goods" called Industry 4.0. The trait d'union between these areas/productive sectors is the central role assigned to the digital, in other*

words the systematic and “in depth” digitalisation of production and consumption processes. Outcomes and impacts on work and professions are diverse, but some features of contemporary digital work are recurring and depend on the specificity of digital culture. The article describes these features using some results from recent empirical researches conducted by the author both in the ICCs and inside 4.0 factories.

I centri di competenza per l'Industria 4.0: la “lezione” dei parchi scientifici e tecnologici

Elena Prodi*

Sommario: 1. Introduzione. – 2. I centri di competenza nel piano nazionale «Industria 4.0». Delimitazione dell'ambito di indagine e limiti della ricerca. – 3. Impresa e ricerca non accademica: misure promozionali e (assenza di una) loro valutazione. – 4. Mettere a frutto la “lezione” dei parchi scientifici e tecnologici: carenze strutturali, vincoli ambientali e deboli identità. – 5. I grandi assenti: formazione e competenze per la ricerca non accademica. – 6. Alcune proposte e spunti progettuali per i centri di competenza del piano nazionale 4.0.

1. Introduzione

Il dibattito scientifico sulla c.d. «Industria 4.0» ⁽¹⁾ è stato sin qui dominato – e non poteva essere diversamente – dagli aspetti tecnologici e tecnici di quella che è stata indicata come la Quarta rivoluzione industriale. Poche voci si sono invece soffermate, quantomeno a un livello adeguato di profondità di analisi, alla valutazione dei fattori abilitanti dei nuovi processi produttivi. Quando lo si è fatto questo è avvenuto, il più delle volte, in termini di messa a fuoco delle (nuove) competenze professionali, tecniche e specialistiche e dei relativi percorsi formativi ⁽²⁾. Si tratta di un aspetto indubbiamente centrale nei

* *Dottoranda di ricerca in Formazione della persona e mercato del lavoro, Università degli Studi di Bergamo, ADAPT.*

⁽¹⁾ Per una rassegna approfondita sulla origine del termine e della principale letteratura di riferimento si veda F. SEGHEZZI, *La nuova grande trasformazione del lavoro. Lavoro e persona nella quarta rivoluzione industriale*, ADAPT University Press, 2017.

⁽²⁾ Si vedano, in questo stesso fascicolo della Rivista, i contributi di H. HIRSCH-KREINSEN, *Digitization of industrial work in Germany – Prospects and design options* e F. BUTERA, *L'evoluzione del mondo del lavoro e il ruolo della istruzione e*

ragionamenti su «Industria 4.0» e che tuttavia ancora trascura i fattori di contesto – e anche di struttura di un paradigma produttivo che supera i confini della singola impresa (*infra*, § 2) – come possono essere, in particolare, i sistemi scolastici e universitari ⁽³⁾, i sistemi regolatori del lavoro ⁽⁴⁾, i sistemi di relazioni industriali e di welfare ⁽⁵⁾, nonché le istituzioni (centri per l’impiego, agenzie per il lavoro, fondi interprofessionali per la formazione continua, ecc.) che presidiano l’incontro tra la domanda e l’offerta di lavoro nel mercato del lavoro, la riqualificazione professionale, le politiche attive e di ricollocazione e le connesse transizioni occupazionali ⁽⁶⁾. Obiettivo del presente studio è analizzare un ulteriore elemento di sistema, di cui ancora poco o nulla si è parlato ⁽⁷⁾, che a nostro avviso rientra a pieno titolo tra i fattori che concorrono ad abilitare «Industria 4.0»: quello dei c.d. centri di competenza, ai quali il piano nazionale «Industria 4.0» presentato dal Governo il 21 settembre 2016 ha attribuito il compito di trasferire verso il sistema delle imprese le conoscenze sulle nuove tecnologie digitali. È vero che, a livello mediatico e anche politico, si è in realtà molto dibattuto dei centri di competenza, ma questo nella sola – e limitata – prospettiva di comprendere a chi assegnare i ruoli e soprattutto le relative risorse economiche.

Oggetto del presente lavoro sono dunque i centri di competenza, intesi come fattori abilitanti di processi produttivi nuovi anche perché

formazione tecnica superiore. Si rimanda anche a L. PRIFTI, M. KNIGGE, H. KIENEGGER, H. KRUMHOLTZ, *A Competency Model for Industrie 4.0 Employees*” pubblicato tra gli atti della Wirtschaftsinformatik Conference “Towards thought leadership in digital transformation”, 12-15 febbraio 2017, Institute of Information Management, St. Gallen, Svizzera, ora anche nel presente contributo in lingua italiana (traduzione a cura di F. SEGHEZZI).

⁽³⁾ E. MASSAGLI, *Alternanza formativa e apprendistato in Italia e in Europa*, Ed. Studium, 2016 e ivi ampi riferimenti bibliografici.

⁽⁴⁾ M. WEISS, *Digitalizzazione: sfide e prospettive per il diritto del lavoro*, in DRI, n. 3/2016, 651-663.

⁽⁵⁾ M. TIRABOSCHI e F. SEGHEZZI, *Il Piano nazionale Industria 4.0: una lettura lavoristica*, in *Labour & Law Issues*, 2 (2), 2016.

⁽⁶⁾ L. CASANO, *La riforma del mercato del lavoro nel contesto della “nuova geografia del lavoro”*, in DRI, n. 4/2017, 634-686.

⁽⁷⁾ Fatta eccezione per il libro verde FIM e ADAPT, *Industria 4.0: Ruolo e funzione dei Competence Center*, 2016 in www.adapt.it, indice A-Z, voce *Industry 4.0*.

«imperniati sul raccordo circolare e aperto tra sistemi intelligenti»⁽⁸⁾ secondo quello che è stato definito come il tratto caratterizzante della Quarta rivoluzione industriale. Particolare attenzione verrà prestata al caso dei parchi scientifici e tecnologici che storicamente hanno rappresentato, almeno fino alla presentazione del Piano «Industria 4.0», il modello di riferimento nella collaborazione e nel trasferimento di competenze dal sistema della ricerca verso quello produttivo: vuoi, per un verso, per capire il silenzio del Governo sul loro ruolo; vuoi anche, per l'altro verso e al di là delle etichette formali, per trarre dalla lezione dei parchi scientifici e tecnologici utili indicazioni nell'avvio dei nuovi centri di competenza.

2. I centri di competenza nel piano nazionale «Industria 4.0». **Delimitazione dell'ambito di indagine e limiti della ricerca**

A un anno dalla presentazione del Piano nazionale «Industria 4.0»⁽⁹⁾ la prospettata rete dei centri di competenza è del tutto inesistente, fatte salve talune spontanee candidature prive di riconoscimento formale o anche solo istituzionale, e soprattutto non è ancora chiaro il significato di questa espressione. Le informazioni, poche invero, contenute nel piano lasciano intendere che, a seguito di bando di gara pubblico, Atenei italiani di eccellenza, grandi player privati, ma anche start-up e centri di ricerca saranno coinvolti nella costruzione di partenariati pubblico-privati, entro il numero massimo di sei / sette. A queste nuove

⁽⁸⁾ Si veda il documento finale elaborato dalla Commissione X della Camera dei Deputati, *Indagine conoscitiva su «Industria 4.0»: quale modello applicare al tessuto industriale italiano. Strumenti per favorire la digitalizzazione delle filiere industriali nazionali*, Roma, 30 giugno 2016, spec. 31, in cui si evidenzia il passaggio da una economia lineare a una economia circolare dove prodotti e processi sono monitorati e continuamente sviluppati lungo tutto il loro ciclo di vita.

⁽⁹⁾ MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, *Piano Nazionale Industria 4.0. Investimenti, produttività, Innovazione*, 21 settembre 2016. Con riferimento al bilancio realizzato dal Governo un anno dopo l'uscita del piano si veda MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, *Piano Nazionale Impresa 4.0. Risultati 2016 – Linee guida 2018*, in collaborazione con MINISTERO DELL'ECONOMIA E DELLE FINANZE, MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA, MINISTERO DEL LAVORO. Sia consentito di rimandare anche a E. PRODI, F. SEGHEZZI e M. TIRABOSCHI (a cura di), *Il piano Industria 4.0 un anno dopo*, ADAPT Labour Studies e-Book series, n. 65.

entità saranno destinati considerevoli finanziamenti pubblici con lo scopo di facilitare l'accesso delle imprese alla sperimentazione delle nuove tecnologie digitali, anche supportandole nell'accelerazione di progetti innovativi e nella messa a punto dei prototipi nelle fasi di sviluppo pre-competitivo. Si tratta infatti di attività che difficilmente le imprese, segnatamente quelle di dimensioni medio-piccole di cui si compone il tessuto produttivo italiano, riuscirebbero a realizzare servendosi unicamente di propri mezzi e risorse.

Che «nessuna azienda può aspettarsi di innovare in isolamento ⁽¹⁰⁾» è una evidenza ormai da tempo messa in luce da parte della letteratura socio-economica e assunta come fondamento dei principali approcci teorici allo studio dell'innovazione, e segnatamente i paradigmi della «Open Innovation» ⁽¹¹⁾ e della «Tripla Elica» ⁽¹²⁾. Entrambi interpretano l'attività innovativa ⁽¹³⁾ e la generazione di conoscenze nei termini di processi che possiedono natura sistemica, nonché interattiva,

⁽¹⁰⁾ J. STAN METCALFE, *L'innovazione come problema europeo*, in *Conoscenza tecnologica. Nuovi paradigmi dell'innovazione e specificità italiana*, C. Antonelli (a cura di), Edizioni della Fondazione Giovanni Agnelli, 1999, 21.

⁽¹¹⁾ H. W. CHESBROUGH ET AL., *Open Innovation: the new imperative for creating and profiting from technology*, Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, 2003, dove è scritto che «Open Innovation is a paradigm that assumes that firms can and should use external ideas as well as internal ideas, and internal and external paths to market, as the firms look to advance their technology. Open Innovation combines internal and external ideas into architectures and systems whose requirements are defined by a business model».

⁽¹²⁾ H. ETZKOWITZ, *Academic – Industry relations: a sociological paradigm for economic development*, in *Evolutionary economics and chaos theory*, London, Pinter 1994, dove viene argomentato che lo sviluppo dei rapporti tra università e imprese implichi il coinvolgimento e il supporto da parte dell'attore pubblico. Nel paradigma «tripla elica» le interconnessioni tra istituzioni pubbliche, private e accademia consentono la creazione di un contesto favorevole alla circolazione e al trasferimento dei flussi di conoscenza, concorrendo alla crescita economica e allo sviluppo dei territori. Si veda anche H. ETZKOWITZ E L. LEYDESORFF, *The dynamics of innovation: from national systems and Mode 2 to a Triple Helix of university-industry-government relations*, Research Policy, 29, 2000.

⁽¹³⁾ In questo contributo l'espressione attività innovativa è intesa come «il più generale processo di generazione di nuove tecnologie di prodotto e processo e di nuovi modelli organizzativi e comprende il più ampio processo di diffusione intraindustriale e interindustriale che consente ad una innovazione, una volta generata, di essere adottata da tutti i suoi potenziali adottatori e applicata ad una varietà di processi produttivi e situazioni specifiche». C. ANTONELLI, *La nuova economia della conoscenza e dell'attività innovativa*, in C. ANTONELLI, *op. cit.* 58.

basati essenzialmente su scambi circolari di informazioni ed esperienze tra soggetti eterogenei, in particolare imprese (e relativi fornitori, clienti, imprese dello stesso gruppo, concorrenti) e università e centri di ricerca, sia pubblici che privati ⁽¹⁴⁾. Al pari della comunità scientifica, anche l'attore pubblico sembrerebbe avere acquisito da tempo la consapevolezza che i processi di innovazione possiedano una marcata connotazione relazionale: l'attenzione verso il tema non è affatto nuova da parte delle istituzioni. A fronte di pratiche di cooperazione tra università e centri produttivi mai «particolarmente intense e comunque legate a forme di consulenza individuale» ⁽¹⁵⁾, già da alcuni decenni i Governi centrali e le amministrazioni locali ⁽¹⁶⁾ hanno infatti provveduto alla creazione di entità c.d. intermediarie che, a vario titolo, agissero nella direzione di colmare le distanze cognitive e organizzative tra mondo accademico e delle imprese (*infra*, § 3), supportando in questo modo la produzione di nuove conoscenze in regime di collaborazione. Non deve stupire rinvenire indiscussi riferimenti oppure espliciti richiami a entrambi i paradigmi poco sopra richiamati in alcuni documenti programmatici o rapporti istituzionali che hanno accompagnato la implementazione di tali provvedimenti ⁽¹⁷⁾.

Il modello dei parchi scientifici e tecnologici, in particolare, sembra rappresentare la principale espressione e diffusione di un fenomeno di intermediazione delle relazioni tra ricerca pubblica e industriale che ha preso avvio a partire dagli anni Settanta del secolo scorso su iniziativa,

⁽¹⁴⁾ MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, *Migliorare le politiche di Ricerca e Innovazione per le Regioni. Contenuti e processi di policy*, 2009, 64.

⁽¹⁵⁾ L. ORSENIGO E E. CANCOGNI, *Le relazioni università-industria in Italia*, in C. ANTONELLI (a cura di), *op. cit.*, 192.

⁽¹⁶⁾ «A seguito della riforma del Titolo V della Costituzione è stata riconosciuta la facoltà delle Regioni di intervenire direttamente, seppure in regime di concorrenza legislativa con lo Stato, nel sostegno della ricerca industriale in specifici settori produttivi, filiere tecnologiche e aree disciplinari, individuando, all'interno di appositi accordi bilaterali, da condursi in base al principio di lealtà, richiamato dalla giurisprudenza costituzionale, le modalità più idonee per assicurare complementarità, evitare sovrapposizioni, garantire un elevato standard qualitativo delle iniziative co-finanziate». MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, *op. cit.*, 2009, 41.

⁽¹⁷⁾ Si vedano ASTER, *I luoghi della ricerca e dell'innovazione in Emilia Romagna*, 2017 e MINISTERO PER LO SVILUPPO ECONOMICO e MINISTERO PER LA COESIONE TERRITORIALE *Indicatori di risultati intermedi per misurare la performance di Distretti Tecnologici e Poli di Innovazione*, Quaderni di Innovazione, Rubbettino, 2012, 43.

in un primo momento, dello Stato e in seguito portata avanti prevalentemente dalle Regioni, e talvolta anche su impulso di grandi gruppi industriali privati. Dei parchi scientifici e tecnologici l'Italia si è esplicitamente servita per promuovere lo sviluppo industriale e la creazione di nuove imprese high tech, in particolar modo nei territori poveri di vantaggi tecnologici ⁽¹⁸⁾: a tal fine, i parchi hanno agito in qualità di facilitatori del trasferimento dei risultati della ricerca e della conoscenza prodotta nelle Università verso i centri industriali, estendendo nel corso degli anni, pur senza seguire un criterio preciso e comune a tutte le esperienze, il loro raggio di azione anche ad altre funzioni, tra cui la promozione della cultura imprenditoriale e l'incubazione di start-up e spin-off.

Eppure, pur esistendo esperienze considerate di successo alle quali la dottrina guarda con favore ⁽¹⁹⁾, la letteratura dominante, soprattutto quella che si è occupata di valutazione delle politiche pubbliche di sostegno alla ricerca e al trasferimento tecnologico, solleva da tempo fondati dubbi sull'efficacia dei processi di intermediazione promossi dai parchi (*infra*, § 4) e sull'effettivo dispiegamento delle loro potenzialità. È forse anche per questo motivo che il piano nazionale «Industria 4.0» richiama genericamente e sbrigativamente i centri di competenza senza prevedere o ipotizzare alcun ruolo per i parchi

⁽¹⁸⁾ Cfr. R. CAPELLO e A. MORRISON, *Efficienza ed efficacia dei parchi scientifici: una valutazione dei flussi di conoscenza locali*, 2004, XXV Conferenza italiana di scienze regionali e PARLAMENTO EUROPEO, *Caratteristiche dei parchi tecnologici: configurazione ed obiettivi*, Commissione per l'energia, la ricerca e la tecnologia. Scheda di documentazione, 7 febbraio 1989.

⁽¹⁹⁾ G. PETRONI e D. G. BIANCHI, *I parchi scientifici e tecnologici come strumenti d'innovazione territoriale*, in *Amministrare* 3/2014, 2014 nella quale gli autori analizzano sei esperienze di parchi scientifici e tecnologici dislocate in tre regioni del Nord Italia (Piemonte, Lombardia e Friuli-Venezia Giulia) definendole di successo sulla base della valutazione di alcuni criteri, in particolare la localizzazione, la presenza di strutture immobiliari, di infrastrutture tecniche e servizi di ricerca, la prossimità ad aeroporti internazionali, la messa a disposizione di strutture di living, la preesistenza nel territorio di una solida cultura tecnica e imprenditoriale, una leadership forte, un sistema di relazioni con il mondo scientifico e imprenditoriale, la stabilità dei meccanismi di finanziamento, tra i più importanti. Si veda anche lo studio di C. CANTÙ, *Innovazione e prossimità relazionale. Il contesto dei parchi scientifici tecnologici*, Franco Angeli Editore, 2014 dove mediante lo studio di sei parchi scientifici e tecnologici l'autrice mette in luce e guarda con favore ai tentativi realizzati dagli stessi per costituire reti aperte nelle quali coinvolgere molteplici stakeholder con i quali collaborare per sviluppare attività di innovazione.

scientifici e tecnologici tra le misure finalizzate al supporto della collaborazione tra ricerca e imprese. Al di là delle ragioni politiche e contingenti di questa scelta, parrebbe che l'attore pubblico stia procedendo nella direzione di costituire nuove entità, funzionali al trasferimento verso le imprese delle nuove conoscenze tecnologiche, senza fondare la loro progettazione sullo studio preliminare degli esiti di esperienze precedenti tutt'ora operative e distinte da analoghi compiti e funzioni di raccordo tra sistema della ricerca pubblico e centri produttivi. Ciò sembrerebbe invero necessario nella prospettiva di comprendere gli errori o quantomeno gli equivoci commessi in passato nelle politiche pubbliche di sostegno al trasferimento tecnologico, al fine di evitare anche per i nascenti centri di competenza l'insorgenza di analoghe criticità.

Inoltre, appare auspicabile che il ruolo e le funzioni attribuite ai centri di competenza tengano in conto i cambiamenti sul piano socio-economico che la diffusione capillare delle nuove tecnologie prospetterebbe. Sul punto, alcuni contributi della dottrina ⁽²⁰⁾ hanno messo in evidenza come l'accresciuta interconnessione tra persone, aziende, clienti, fornitori e centri produttivi, da un lato, concorrerebbe alla creazione di filiere altamente connesse e sistemi economici reticolari e policentrici; per altro verso, accrescerebbe la tendenza delle imprese, già da tempo avviata e rilevata da alcuni importanti studi ⁽²¹⁾, a prendere parte, se non collocarsi fisicamente, entro contesti produttivi popolati da molteplici attori (università, infrastrutture fisiche e digitali, centri di ricerca, istituzioni e altro ancora) dove siano agevolati tanto la circolazione e l'incontro di flussi di conoscenza complementari tra loro, quanto l'accesso a mercati del lavoro dove reclutare maestranze altamente qualificate.

Da queste premesse sembrerebbe che la via da percorrere nella direzione della Quarta rivoluzione industriale non sia un percorso già prestabilito, semmai da progettare e costruire entro la cornice di un sistema economico concepito nella dimensione reticolare, i cui nodi principali sono i c.d. «brain hub» ⁽²²⁾, traducibili nei termini di

⁽²⁰⁾ Si veda Si veda F. SEGHEZZI, *op. cit.*, 8-15 e ivi ampi riferimenti bibliografici.

⁽²¹⁾ R. FLORIDA, *Toward the learning region*, in *Futures*, Vol. 27 (5), Elsevier Science Ltd, 1995, 527-536.

⁽²²⁾ È quanto sostiene E. MORETTI, *La nuova geografia del lavoro*, Mondadori, 2012, 215.

«distretti della conoscenza»⁽²³⁾ ovvero di ecosistemi territoriali dell’innovazione. Siffatti contesti produttivi competerebbero tra di loro su scala globale per attrarre risorse economiche e professionalità qualificate funzionali ad alimentare nuovi processi di produzione imperniati sul raccordo tra sistemi intelligenti, «che tali sono non certo per la dose più o meno massiccia di tecnologia di nuova generazione utilizzata, quanto per le persone, progettisti e moderni ricercatori, che li inventano, li implementano e li fanno vivere, alimentando giorno dopo giorno un incessante sviluppo che, a sua volta, genera un elevato valore aggiunto».

In relazione ai fattori abilitanti di «Industria 4.0», la presente ricerca – che porta a compimento un lavoro empirico di mappatura e analisi del fenomeno anche grazie a interviste ad attori selezionati e qualificati⁽²⁴⁾ – si occuperà quindi di ricostruire il quadro degli interventi vigenti di supporto alla collaborazione tra ricerca e imprese, soffermandosi sugli esiti degli stessi e sulle pratiche di valutazione a essi connessi (*infra*, § 3), nonché di analizzare il caso dei parchi scientifici e tecnologici, identificando i principali limiti progettuali e le criticità che contraddistinguono l’esperienza (*infra*, §§ 4 e 5). All’esito di questi passaggi (*infra*, § 6), sarà possibile procedere a formulare alcuni spunti progettuali per la progressiva messa a regime dei centri di competenza di cui al piano nazionale del Governo italiano con l’obiettivo, per un verso, di non disperdere le risorse pubbliche e gli sforzi sin qui dedicati al raccordo tra ricerca e impresa, valorizzando le buone pratiche che pure esistono, e dall’altro lato di orientare la costituzione di nuove entità che siano funzionali ad abilitare quegli ecosistemi territoriali dell’innovazione ai quali soggiacciono i processi produttivi di «Industria 4.0».

⁽²³⁾ M. TIRABOSCHI, *L’inquadramento giuridico del lavoro di ricerca in azienda e nel settore privato: problematiche attuali e prospettive future*, in DRI n. 4/XXVI 2016, 9.

⁽²⁴⁾ Si veda E. PRODI, *Lavoro di ricerca non accademico e competenze abilitanti per Industria 4.0: analisi empirica della esperienza dei parchi scientifici e tecnologici in Italia*, ADAPT Labour Studies E-book series, n. 68.

3. **Impresa e ricerca non accademica: misure promozionali e (assenza di una) loro valutazione**

Nonostante gli interventi di sostegno alla collaborazione tra ricerca e sistema produttivo costituiscano un ambito delle politiche pubbliche largamente sconosciuto ai più, fatta eccezione per gli studiosi della materia e gli addetti ai lavori, accade invero molto di frequente che lo svolgimento di attività di ricerca e lo sviluppo di nuove conoscenze e tecnologie in regime di cooperazione avvenga mediante l'utilizzo di infrastrutture, nonché piattaforme, intermedie volute o comunque sostenute dall'attore pubblico.

L'elevato numero dei soggetti rinvenuti a seguito di una rassegna della letteratura specialistica e della documentazione prodotta dalle Regioni non consente in questa sede di essere esaustivi: è però possibile affermare che il complesso di strumenti e piattaforme rilevato si articola, da un lato, in soggetti che operano in qualità di entità fisicamente localizzate su un territorio, come è il caso dei parchi scientifici e tecnologici ⁽²⁵⁾, degli incubatori ⁽²⁶⁾, degli uffici di trasferimento tecnologico universitari e degli Industrial Liason Office ⁽²⁷⁾ e dei laboratori misti pubblico-privato ⁽²⁸⁾. Dall'altro lato, si collocano le entità strutturate in forma di coordinamento territoriale, tra

⁽²⁵⁾ Lo studio del caso dei parchi scientifici e tecnologici è approfondito ai §§ 4 e 5.

⁽²⁶⁾ «Gli Incubatori aziendali o Business Incubators sono strutture progettate per accelerare lo sviluppo delle imprese grazie a una serie di risorse di sostegno e servizi di assistenza, sviluppate dal soggetto gestore e erogate sia tramite l'incubatore che attraverso la sua rete di contatti». Si veda QUINN, *Linee guida. La divulgazione tecnologica nel Trasferimento Tecnologico*, 2012, 14.

⁽²⁷⁾ Sono strutture attive presso università ed enti di ricerca, aventi come finalità la valorizzazione in chiave economica dei risultati della ricerca scientifica e tecnologica ottenuti nelle rispettive organizzazioni di appartenenza. Si veda QUINN, *op. cit.* 13

⁽²⁸⁾ Il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca li definisce nel Decreto Direttoriale 14 marzo 2005 n. 602/Ric quali strumenti di policy rappresentati da «forti concentrazioni di competenze scientifico-tecnologiche, di alto potenziale innovativo, che si caratterizzano per una organica collaborazione tra imprese industriali e mondo della ricerca pubblica». Si tratta di un modello di collaborazione pubblico-privato ampiamente utilizzato dalla Regione Emilia Romagna sebbene altre esperienze siano rinvenibili sul territorio nazionale. La Regione, in particolare, li definisce «strutture, di natura pubblica o privata, che hanno come finalità principale la realizzazione di attività di ricerca di interesse industriale, nonché la diffusione, il trasferimento, la valorizzazione dei risultati della ricerca verso le imprese». Si veda ASTER, *op. cit.*

cui si annoverano i distretti tecnologici ⁽²⁹⁾, i meta-distretti ⁽³⁰⁾, i poli di eccellenza ⁽³¹⁾, la rete di centri di competenza tecnologica per il Mezzogiorno ⁽³²⁾, i cluster tecnologici nazionali ⁽³³⁾.

⁽²⁹⁾ Intesi come strumento di politica industriale, i distretti tecnologici sono stati promossi dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca mediante il Piano Nazionale della Ricerca 2005-2007. L'iniziativa, come si legge nel piano, prevede la costituzione di «aggregazioni sistemiche high tech di evidente connotazione territoriale, la cui priorità più rilevante sia accelerare la collaborazione tra diversi soggetti istituzionali nell'ambito di una forte collaborazione pubblico-privato, sorretta da un processo di intesa istituzionale tra amministrazioni centrali, regionali e locali». Per una analisi approfondita del fenomeno dei distretti tecnologici si veda G. BOSSI, G. SCCELLATO (a cura di), *Rapporto di Ricerca sulle politiche distrettuali per l'Innovazione Italiane*, Fondazione Cotec, 2005. Per una panoramica del fenomeno sia consentito di rinviare anche all'Osservatorio sui Distretti Tecnologici in Italia disponibile al sito <http://www.distretti-tecnologici.it/> dove è anche possibile reperire una bibliografia dedicata.

⁽³⁰⁾ Il concetto dei meta-distretti nasce a seguito della scelta della Regione Lombardia, con la D.G.R. 3839/2001, di affiancare al concetto tradizionale di distretto industriale, quello di meta-distretto, nella cui definizione prevalgono gli aspetti che riguardano l'incontro e il coordinamento delle tecnologie presenti in Regione rispetto alla dimensione puramente geografica o ai criteri inerenti la dimensione di impresa.

⁽³¹⁾ I poli di eccellenza (o innovazione), secondo la definizione contenuta nel Piano Nazionale della Ricerca 2011-2013, rappresentano «aggregazioni territoriali di operatori economici e attori della ricerca. Essi raggruppano e collegano, su una ben definita frontiera tecnologica, le competenze/strutture gestite da una pluralità di istituzioni, incoraggiando l'interazione intensiva, l'uso in comune di installazioni, lo scambio di conoscenze ed esperienze, la messa in rete e la diffusione delle informazioni». Occorre specificare che le politiche a sostegno della creazione di poli di eccellenza o innovazione erano state avviate in Italia già alcuni anni prima dalla Regione Piemonte. La Deliberazione della Giunta Regionale 5 maggio 2008 n. 25-8735, in particolare, li definisce «strutture di coordinamento sinergico tra i diversi attori del processo innovativo caratteristico di uno specifico dominio tecnologico e applicativo e di messa a disposizione di servizi ad alto valore aggiunto e di infrastrutture per l'innovazione».

⁽³²⁾ La rete dei Centri di Competenza Tecnologica costituisce un intervento previsto dall'Avviso n. 1854/2006 emanato dal Ministero dell'Università e della Ricerca nell'ambito del Programma Operativo Nazionale 2000-2006. Il progetto intende coinvolgere le Regioni del Mezzogiorno nella creazione di una rete di centri di competenza che conducano attività di ricerca, sviluppo e che consentano la nascita di nuove figure professionali nelle aree tematiche di trasporti, ambiente, biotecnologie, agroalimentare e tecnologie ICT. Rivolta con priorità alle Pmi del Sud, la rete individua per ogni ambito tematico un centro di competenza capofila (nodo principale) mantenendo al contempo nelle altre Regioni i suoi nodi secondari. In questo modo, la Rete consente al singolo Centro di superare la dimensione territoriale,

Fuoriesce dai limiti di questa indagine la descrizione delle modalità operative e il raggio di azione di ciascuno dei provvedimenti sopracitati. Rispetto a quello che è l'oggetto e l'interesse specifico del presente studio, ossia conoscere gli esiti degli interventi pubblici di sostegno alla collaborazione tra ricerca e impresa, sorprende non rinvenire una corposa produzione di studi e analisi di impatto promossi dalle istituzioni che sottopongano a rigorosi processi di valutazione tali misure. Allo stato, tale assenza parrebbe essere colmata solo parzialmente da un rapporto, di particolare rilevanza ma oramai datato, del Ministero dello Sviluppo Economico, risalente ai primi mesi del 2009⁽³⁴⁾. L'analisi prodotta è di importanza e utilità poiché, accanto alla diagnosi degli errori commessi da parte delle amministrazioni centrali, agenzie nazionali e dalle Regioni rispetto ai contenuti e ai processi delle policy poste in essere, offre un apparato di raccomandazioni per superarne i principali limiti, di cui uno dei più evidenti è appunto rappresentato dalla cronica assenza di accurate e costanti pratiche di monitoraggio e valutazione ex-post⁽³⁵⁾. Sul punto è lo stesso rapporto a documentare che alla incessante sperimentazione da parte delle Regioni di strumenti sempre nuovi per favorire l'incontro di competenze complementari provenienti da università, centri di ricerca e imprese, non hanno quasi mai fatto seguito esercizi di

essendo inoltre aperta all'ingresso di altri Centri di Competenza presenti a livello sia nazionale sia internazionale. Alla Rete sono associate tutte le Università delle Regioni Basilicata, Calabria, Campania, Puglia, Sicilia e Sardegna e i principali centri di ricerca pubblici e privati e le imprese. Informazioni più approfondite e dettagliate sui centri di Competenza del Mezzogiorno sono rinvenibili al sito: <http://www.cc-ict-sud.it/wp/wp-content/uploads/2012/02/Brochure-Rete-dei-Centri-di-Competenza-Tecnologici.pdf>.

⁽³³⁾ «I cluster tecnologici nazionali sono reti di soggetti pubblici e privati che operano sul territorio nazionale in settori quali la ricerca industriale, la formazione e il trasferimento tecnologico. [...] Ciascuna aggregazione fa riferimento a uno specifico ambito tecnologico e applicativo ritenuto strategico per il nostro Paese, di cui rappresenta l'interlocutore più autorevole per competenze, conoscenze, strutture, reti e potenzialità». Si veda il sito del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca per informazioni dettagliate sull'iniziativa: <http://www.miur.gov.it/cluster>.

⁽³⁴⁾ MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, *op. cit.* 2009.

⁽³⁵⁾ Il punto, con riferimenti alla letteratura economica anche internazionale, è confermato anche in *Analisi e Raccomandazioni sui Contributi Pubblici alle Imprese*, rapporto al Presidente del Consiglio e Ministro dell'economia e delle finanze e al Ministro dello sviluppo, delle infrastrutture e dei trasporti redatto su incarico del Consiglio dei Ministri del 30 aprile 2012 (c.d. *Rapporto Giavazzi*).

valutazione degli esiti a consuntivo. Non solo. Sembrerebbe che tali processi di misurazione dei risultati non siano quasi mai previsti in fase di progettazione di un intervento a supporto della ricerca e innovazione. Nei pochi casi in cui sono stati avviati, gli esercizi di valutazione sono spesso stati percepiti come un onere burocratico, precludendo ogni possibilità di apprendimento dagli errori passati (il c.d. *policy learning*) e l'adozione rapida di soluzioni o buone pratiche che in altri contesti abbiano dato prova di funzionare con maggiore efficacia.

Eppure, è evidente che i numerosi elementi di complessità e incertezza che connotano i processi di innovazione e con essi gli elevati rischi di inefficacia a cui sono esposte le attività di ricerca in regime di collaborazione esigerebbero una attenta e costante azione di monitoraggio e misurazione degli effetti aggregati esercitati dagli interventi di policy sui destinatari diretti e indiretti. Analogamente, le ingenti risorse, provenienti da più fonti pubbliche e istituzionali, che a ogni ciclo di programmazione economica sono puntualmente messe a disposizione richiederebbero di essere accompagnate da costanti operazioni di monitoraggio per evitare gli sprechi della spesa pubblica. Gli studi sinora promossi e prodotti su mandato ministeriale, nonostante la ricchezza e l'utilità delle informazioni presentate, tendono invero a limitarsi a una ricostruzione del disegno degli interventi legislativi su scala regionale, focalizzandosi prevalentemente sugli aspetti puramente amministrativi o burocratici della rendicontazione delle risorse erogate, senza entrare nel merito di valutazioni di carattere sistemico dei provvedimenti adottati, che vengono invero puntualmente auspicati, ma mai realizzate ⁽³⁶⁾.

⁽³⁶⁾ È il caso dell'analisi *Le policy nazionali e regionali a sostegno dell'innovazione e del trasferimento tecnologico* prodotta dalla Fondazione Crui che documenta con rigorosa precisione e puntualità gli interventi legislativi realizzati nelle Regioni, seppur in un novero selezionato di esse. Negli stessi termini, il già richiamato *Rapporto di Ricerca sulle politiche distrettuali per l'Innovazione Italiane* realizzato dalla Fondazione Cotec offre una dettagliata rassegna delle politiche dei distretti tecnologici implementate dalle Regioni Piemonte, Emilia Romagna, Veneto, Lazio e Lombardia. Al riguardo, gli estensori del rapporto auspicavano già nel 2005 «la pronta introduzione di meccanismi di valutazione e monitoraggio delle azioni intraprese da parte delle istituzioni regionali» temendo che la diffusione dei distretti tecnologici sul territorio nazionale avvenisse nell'assenza di procedure e momenti di verifica che garantissero l'individuazione dei casi di successo (pag. 117). Per una valutazione dell'esperienza dei distretti tecnologici si veda l'efficace contributo di V.

Semberebbe infatti che nella pratica i numerosi appelli ⁽³⁷⁾ che con cadenza periodica hanno invocato la messa a regime di pratiche di valutazione in grado di trascendere le singole etichette, focalizzandosi invero sulla sostanza dei provvedimenti, siano stati puntualmente disattesi, rimanendo lettera morta. Su tutti, basti ricordare il caso della creazione nel 2006 di una rete di centri di competenza tecnologica localizzata nel Mezzogiorno, e segnatamente nelle Regioni Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia, Sardegna mediante l'impiego dei Fondi Europei di Sviluppo Regionale per il valore di € 36.178.200 ⁽³⁸⁾: ad oggi, non sembrerebbero reperibili, o addirittura esistere, documenti che a fronte delle molteplici finalità attribuite alla rete, tra cui l'avvio di relazioni e la costituzione di sinergie con strutture già affermate operanti nelle Regioni del centro-nord, e segnatamente con i distretti tecnologici, ne abbiano poi effettivamente monitorato l'implementazione e l'effettivo conseguimento.

La assenza di contributi istituzionali che si interrogano sull'efficacia degli interventi di supporto alla collaborazione tra ricerca accademica e imprese pare destare considerevoli preoccupazioni anche in virtù del fatto che la carenza di informazioni prodotte a livello centrale non sembrerebbe essere compensata da parte delle Regioni. Fa eccezione il Piemonte ⁽³⁹⁾ che nel 2011 ha affidato la valutazione della rete regionale di poli per l'innovazione localizzati sul territorio a esperti indipendenti. I risultati emersi dalla analisi condotta si sono configurati essi stessi quale strumento di supporto alla amministrazione per la gestione delle fasi successive dell'intervento. Analogamente, anche la

MICELI, *Distretti tecnologici e sistemi regionali di innovazione*, Fondazione Edison, 2005.

⁽³⁷⁾ Su tutti, si richiama il PNR 2011-2013 laddove si evidenzia «la necessità dell'integrazione dell'attività di valutazione nell'operatività degli strumenti individuati in relazione agli obiettivi intermedi e/o annuali assegnati agli strumenti suddetti», pag. 36.

⁽³⁸⁾ Si veda il Programma Operativo Nazionale per le Regioni dell'obiettivo 1. Ricerca scientifica, Sviluppo tecnologico, Alta formazione 2000-2006. Complemento Di Programmazione. Al finanziamento europeo si è assommato un cofinanziamento nazionale d'importo corrispondente a € 18.089.100.

⁽³⁹⁾ La Regione Piemonte ha attuato dal 2008 un processo che, a partire dalla definizione dei domini tecnologico-applicativi di riferimento, ha condotto alla costruzione dei poli di innovazione sul territorio regionale. Si veda *Rapporto di valutazione tematica sui poli di innovazione* redatto nel 2013 a cura di RTI Cles Srl, PwC Advisory Spa, DTM Srl, Poliedra Spa.

Regione Toscana ha recentemente costituito un gruppo di lavoro incaricato dell'elaborazione di un rapporto di analisi e valutazione dell'impatto, allo stato disponibile sul sito della Regione ⁽⁴⁰⁾, della propria rete dei poli di innovazioni. Anche l'Emilia Romagna ⁽⁴¹⁾ ha prodotto in passato una indagine, che ora invero non sembrerebbe più reperibile e fruibile al pubblico, di valutazione dei laboratori misti pubblico-privato lungo i quali si snoda la Rete Alta Tecnologia della Regione.

Come emerge da questa breve rassegna, le strutture vigenti che mediano i rapporti tra ricerca pubblica e imprese si collocano all'incrocio tra più piani di Governo e negli ultimi anni hanno conosciuto una elevata proliferazione avvenuta entro l'incertezza del quadro normativo e nella privazione di reali sedi di coordinamento e raccordo tra livello nazionale e livello regionale, a cui ha fatto inevitabilmente seguito anche una certa confusione concettuale e terminologica intorno al fenomeno. Le stesse espressioni, distretto tecnologico, polo di innovazione, laboratorio pubblico-privato, parco scientifico e tecnologico (*infra*, §§ 4 e 5), centro di competenza tecnologico «utilizzate dalle politiche per la ricerca, non corrispondono sempre ad altrettante distinte forme di collaborazione tra imprese ed enti di ricerca o di diffusione delle tecnologie» ⁽⁴²⁾.

Ricomporre i frammenti del sistema è una impresa ardua e possibile, sembrerebbe, solo a seguito di uno sforzo di reperimento delle molteplici fonti normative, regionali e statali, peraltro non sempre accessibili e comunque di non facile valutazione con riferimento alla loro vigenza in termini di diritto se non anche di implementazione e

⁽⁴⁰⁾ Si veda la presentazione di A. CALOFFI, F. ROSSI E M. RUSSO, *Politiche a sostegno di reti di innovatori 2000-2006: che cosa abbiamo imparato sulle politiche e sul sistema regionale di innovazione*, 2014 disponibile on-line sul sito della Regione Toscana.

⁽⁴¹⁾ Il modello di collaborazione ricerca industria vigente in Emilia Romagna si distingue per l'attivazione di una rete regionale che connette i 82 laboratori misti e i 14 Centri per l'innovazione presenti nella Regione. La Rete, definita Alta Tecnologia, è coordinata dal consorzio ASTER e organizzata in sei piattaforme tematiche. Di recente la rete ha subito un processo riorganizzazione delle sue componenti secondo un criterio territoriale che ha portato alla creazione di dieci in Tecnopoli. Le informazioni relative al modello operante in Emilia Romagna sono reperibili al sito: <https://drive.google.com/file/d/0B6CGnfl93T9QQkRLdk1yZFFESjQ/view>.

⁽⁴²⁾ MINISTERO PER LO SVILUPPO ECONOMICO e MINISTERO PER LA COESIONE TERRITORIALE, *op. cit.*, 2012, 28.

sostegno economico. Resta inoltre da evidenziare un ulteriore elemento di complessità, ai fini della nostra analisi, dovuto alla trattazione selettiva della materia da parte della dottrina specialistica, la cui produzione scientifica, non particolarmente ricca, ha contribuito al dibattito ora mettendo a fuoco le *policy* attuate da un novero selezionato di Regioni, ora allargando la lente su specifici provvedimenti, senza mai cimentarsi in uno studio sistematico.

D'altra parte, una trattazione organica della materia si rivelerebbe invero necessaria per portare alla attenzione dei decisori politici non solo la moltitudine degli interventi allo stato operativi, ma principalmente i limiti connessi e le esperienze di successo: ciò consentirebbe al legislatore di orientare con accresciuta consapevolezza le decisioni relative alla progettazione e alle modalità operative dei centri di competenza nei nuovi scenari aperti da «Industria 4.0». Arrivati a questo punto, ancor più decisivo e utile appare un lavoro empirico di mappatura e ricognizione della realtà delle variegate forme di collaborazione tra impresa e ricerca non accademica, a partire dai parchi scientifici e tecnologici.

4. Mettere a frutto la “lezione” dei parchi scientifici e tecnologici: carenze strutturali, vincoli ambientali e deboli identità

Capita di frequente di constatare, invero sbrigativamente, il sostanziale fallimento degli interventi di sostegno alla collaborazione tra ricerca e impresa, pur a fronte dell'assenza di pratiche di valutazione da parte delle istituzioni di riferimento che ne comprovino gli esiti insoddisfacenti: è emblematico in questo senso il caso dei parchi scientifici e tecnologici ⁽⁴³⁾. Tale giudizio, pur con importanti

⁽⁴³⁾ Sebbene non esista allo stato una definizione univoca del fenomeno, si tende a identificare un parco scientifico e tecnologico nei termini di «una iniziativa su base territoriale che è situata in prossimità geografica di istituti di istruzione superiore o centri di ricerca avanzata e presenta collegamenti operativi con tali organismi. Essa è volta ad incoraggiare la creazione e la crescita di aziende basate su nuove conoscenze e promuove attivamente il trasferimento di tecnologia dalle istituzioni accademiche e di ricerca alle aziende ed alle organizzazioni insediate nell'ambito o nei pressi del parco». È questa la definizione di parco scientifico e tecnologico rinvenibile nella Gazzetta ufficiale delle Comunità Europee 29/7/1990. Sono rinvenibili molteplici

eccezioni, si fonda prevalentemente sulle conoscenze offerte dalla letteratura specialistica che ha rilevato molteplici criticità connesse alle logiche che hanno informato la costituzione e le modalità operative dei parchi ⁽⁴⁴⁾. In vista della formulazione di alcune proposte progettuali per la realizzazione dei centri di competenza di cui al piano nazionale «Industria 4.0», è bene tentare di ricondurre a una visione di sistema i principali limiti connessi all’implementazione dei parchi, che sembrano averne ostacolato l’effettivo dispiegamento delle potenzialità. La lezione che emerge dallo studio del fenomeno è invero funzionale a formulare premesse nuove sulle quali possibilmente fondare i futuri interventi di policy, con particolare riferimento ai centri di competenza, affinché agiscano con maggiore efficacia rispetto al passato sul radicato problema, che allo stato pare ancora insoluto, della marginalità delle relazioni tra imprese e ricerca accademica.

Allo stato, l’esperienza italiana dei parchi scientifici e tecnologici, «si presenta notevolmente disomogenea, tanto che ogni parco scientifico e tecnologico presenta caratteristiche quasi uniche» ⁽⁴⁵⁾. In effetti l’evidenza empirica ⁽⁴⁶⁾ indica la coesistenza, all’interno del panorama nazionale (vedi la *Tabella 1*), di molteplici casistiche che si differenziano tra di loro in virtù di alcuni elementi strutturali e ambientali, come ad esempio la composizione della compagine che ha attivato l’iniziativa del parco, il ventaglio di servizi per l’innovazione offerti, la vocazione settoriale o multisettoriale, la solidità dei legami operativi con le università e le istituzioni che conducono ricerca e, non meno importante, le specificità del territorio in cui il parco è insediato.

Tabella 1 – *I parchi scientifici e tecnologici in Italia*

altre definizioni di parco scientifico e tecnologico elaborate dalla letteratura specialistica e dalle organizzazioni internazionali.

⁽⁴⁴⁾ APSTI, l’Associazione Parchi Scientifici e Tecnologici Italiani costituita nel 1989, ha prodotto sinora un solo documento di valutazione della rete di parchi scientifici e tecnologici presente nel paese. Si veda APSTI, *Il sistema dei Parchi scientifici e tecnologici italiani* (2004-2008), 2010, disponibile on-line al sito www.apsti.it/fileadmin/documenti/PDF/APSTI_Report_2004_2008.pdf. A livello istituzionale non sembrano essere rinvenibili altri documenti e analisi che offrano una valutazione sistemica dell’esperienza.

⁽⁴⁵⁾ F. CESARONI E A. GAMBARDELLA, *Dai contenitori ai contenuti: i parchi scientifici e tecnologici in Italia*, in A. ANTONELLI, *op. cit.*, 269.

⁽⁴⁶⁾ Si vedano F. CESARONI E A. GAMBARDELLA, *op. cit.* e E. PRODI, *op. cit.*

	Parco scientifico e tecnologico	Località	Anno
1	Area Science Park	Trieste	1978
2	Bioindustry Park Silvano Fumero	Torino	1992
3	CalPark	Cosenza	1992
4	Centuria RIT	Cesena	1994
5	ComoNEXT	Como	2010
6	Consorzio Technapoli	Pozzuoli	1992
7	Environment Park	Torino	1997
8	Fondazione Novara Sviluppo	Novara	2001
9	Great Campus	Genova	2013
10	Kilometro Rosso	Bergamo	2003
11	NOI Techpark	Bolzano	2017
12	Parco Scientifico Romano	Roma	1998
13	Parco Tecnologico Padano	Lodi	1999
14	Pa.L.Mer (PST del Lazio Meridionale)	Latina	1994
15	POINT Polo Innovazione Tecnologica	Bergamo	1996
16	Politec Valtellina	Sondrio	2006
17	Polo N.E.T.	Crotone	2013
18	Polo Tecnologico A. Galvani	Pordenone	2002
19	Polo Tecnologico Lucchese	Lucca	2012
20	Polo Tecnologico Magona	Cecina	1997
21	Polo Tecnologico di Navacchio	Pisa	1999
22	Polo Tecnologico di Pavia	Pavia	2012
23	Pont – Tech	Pontedera	1996
24	PST Galileo	Padova	1997
25	PST Luigi Danieli	Udine	2004
26	PST Magna Graecia	Crotone	-
27	PST della Sicilia	Catania	1991
28	PST in Valle Scrivia	Tortona	1996
29	Parco Scientifico San Raffaele di Milano	Milano	1992
30	Sardegna Ricerche	Pula	2003
31	Sviluppo Campania	Napoli	2011
32	Tecnogrande Spa	Dronero	-
33	Tecnopolis	Valenzano (Bari)	1984
34	Tecnopolo Spa	Roma	2005
35	Toscana Life Science	Siena	2005
36	Trentino Sviluppo	Rovereto	1985
37	VEGA Park	Venezia	- 1993

		Marghera	
38	3A – PTA	Todi	1989
39	ASTER ⁽⁴⁷⁾	Bologna	2002

Esito della combinazione di questi fattori sono un novero di funzioni e modalità operative evidentemente differenti che consentono, semplificando la complessità della realtà, di suddividere i parchi in tre gruppi distinti. Da un lato, vi sono parchi di grandi dimensioni che rappresentano un punto di aggregazione spaziale e di co-localizzazione di soggetti eterogenei che conducono ricerca, come ad esempio imprese altamente innovative, laboratori di ricerca pubblici, spin-off e start up: è il caso dei due parchi italiani più antichi, TecnoPolis presso Valenzano (Bari) e l’Area Science Park a Trieste. Esistono poi parchi dalla struttura organizzativa più leggera, prevalentemente centrata sulle attività di trasferimento tecnologico e sulla fornitura di servizi ad alto valore aggiunto (consulenza specialistica in materia di innovazione, formazione, reperimento di risorse finanziarie, tra i principali) per soddisfare i fabbisogni di innovazione espressi dalle imprese, come nel caso del parco scientifico e tecnologico Luigi Danieli di Udine.

Altri casi ancora, pochi invero, assumono una struttura a rete, che quasi sempre acquista una dimensione regionale: in questi casi, «la collocazione sul territorio è più diffusa, con una diversificazione spaziale degli insediamenti», anche distribuiti in più poli di innovazione ⁽⁴⁸⁾ e nodi produttivi. Ne è un esempio la Rete Alta Tecnologia dell’Emilia Romagna, articolata in dieci TecnoPoli (uno per ogni provincia, fatta eccezione per Bologna dove il polo è duplice). Nonostante le marcate differenze evidenziate, è possibile affermare che tutti i parchi scientifici e tecnologici siano sorti con la finalità di facilitare, abbreviare e rendere meno costoso «il percorso di incontro tra i bisogni di sostegno all’innovazione domandati dalle imprese e le

⁽⁴⁷⁾ Aster non è propriamente un parco scientifico e tecnologico, sebbene sia membro di APSTI. Si tratta di una società consortile della Regione Emilia Romagna per l’innovazione e il trasferimento tecnologico. Aster coordina la Rete Alta Tecnologia della Regione articolata in Laboratori di ricerca industriale e Centri per l’Innovazione, localizzati nei dieci TecnoPoli presenti sul territorio.

⁽⁴⁸⁾ F. BUTERA *et al.*, *Bachi, crisalidi e farfalle. L’evoluzione dei parchi scientifici e tecnologici verso reti organizzative e autoregolate*, Franco Angeli, Milano, 1995, 48.

soluzioni possibili offerte dal sistema della ricerca pubblica»⁽⁴⁹⁾. Le logiche che ne hanno guidato la progettazione e lo sviluppo sembrerebbero quindi presupporre l'idea che il trasferimento della conoscenza e delle tecnologie avvenga seguendo un percorso prevalentemente lineare e unidirezionale, circolando dalle università e dai centri di ricerca verso le imprese e il settore privato⁽⁵⁰⁾. Tale visione parrebbe aver per lungo tempo condizionato l'agire dei parchi, che hanno tentato di stimolare l'interazione tra soggetti a partire dal lato dell'offerta di innovazione, invero espressione delle attività e priorità del sistema di ricerca pubblico i cui prodotti però non sono orientati da logiche di mercato e dunque non sempre di valore e utilità per le imprese. La stessa necessità di ridurre i costi di transazione nell'ambito delle operazioni di trasferimento tecnologico ha influenzato la configurazione assunta dai parchi, determinata quasi esclusivamente in virtù di «valutazioni spaziali, quasi che la sola prossimità rilevante ai fini dell'innovazione fosse quella fisica, e quantitative, come se la presenza diffusa di tecnologia all'interno di una stessa agglomerazione territoriale permettesse automaticamente di fare innovazione»⁽⁵¹⁾.

La letteratura specialistica ha presto evidenziato i forti limiti e le criticità connesse a questa impostazione, sostenendo che il semplice insediamento di nuclei imprenditoriali e di ricerca presso una struttura etichettata «parco scientifico e tecnologico» non facesse automaticamente di quella determinata area un ambiente innovativo: studi nell'ambito della geografia e dell'economia industriale, in particolare, argomentano che se è pur vero che la probabilità di contatto e interazione tra soggetti eterogenei si accresce in spazi geografici ristretti, ciò non costituisce in ogni caso una condizione sufficiente per produrre innovazione⁽⁵²⁾. Non basta dunque ricavare all'interno del

⁽⁴⁹⁾ Cfr. M. COZZA, *Parchi scientifico-tecnologici: da strutture insediative a infrastrutture connettive*, Il Mulino, 2014, 404.

⁽⁵⁰⁾ Cfr. F. CESARONI E A. GAMBARDELLA, *op. cit.*

⁽⁵¹⁾ M. COZZA, *op. cit.*, 414.

⁽⁵²⁾ Al riguardo si vedano R. BOSCHMA, *Proximity and innovation: a critical assessment*, *Regional Studies*, 2005, 39, 1: 61–74; C. CARRINCAZEAX. e M. CORRIS, *Proximity and Innovation*, in P. COOKE, B. T. ASHEIM e R. BOSCHMA (eds) *Handbook of Regional Innovation and Growth*, 2011, Cheltenham, Edward Elgar. Si rimanda anche a P. KRUGMAN, *Geography and trade*, 1991, Gaston Eyskens Lectures Series; M. P. FELDMAN, *The geography of innovation*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1994; D. B. AUDRETSCH AND M.P. FELDMAN, *R&D spillovers and the geography of*

parco spazi dedicati alla socializzazione (ad esempio il ristorante o la caffetteria all'interno del parco stesso) nella speranza che gli scambi di cultura e di esperienze tra i soggetti insediati possano attivarsi spontaneamente. Data la natura interattiva e relazionale dei processi di innovazione, occorre che il parco conosca le risorse e le competenze a disposizione, non solo all'interno del parco stesso ma anche sul territorio presso cui è localizzato, e ne sappia interpretare il potenziale, generando adeguate condizioni per favorire l'incontro e lo scambio circolare di saperi e informazioni, unitamente al loro costante aggiornamento.

Già i primi studi condotti sui parchi scientifici e tecnologici italiani sono netti nell'affermare che la prospettiva verso la quale dovrebbero idealmente tendere tali strutture consiste in una «organizzazione reticolare a base territoriale»⁽⁵³⁾, o in una «quasi-impresa»⁽⁵⁴⁾, in grado di agire proattivamente attivando relazioni e favorendo l'incontro tra tutti gli attori coinvolti nella creazione del valore. Inteso in questi termini, il ruolo dei parchi scientifici e tecnologici dovrebbe evolvere nella direzione di superare le limitanti logiche immobiliari e di gestione degli spazi fisici, dedicando maggiori risorse ed energie alle attività di sostegno all'incontro tra la domanda e l'offerta di innovazione⁽⁵⁵⁾.

innovation and production, American Economic Review, 1996, 86, 630–640. Sul rapporto tra prossimità geografica e spillover locali della conoscenza, con particolare riferimento al caso dei parchi scientifici e tecnologici, si vedano C. VEDOVELLO *Science Park and University – Industry interaction: geographical proximity between the agents as a driving force*, Technovation, 1997 e F. HANSSON ET AL., *Second generation science parks: from structural holes jockeys to social capital catalysts of the knowledge society*, Technovation, 25, 2005.

⁽⁵³⁾ F. BUTERA ET AL., *op. cit.*, 88. La definizione che l'autore arriva ad offrire di parco scientifico e tecnologico, inteso nella sua fisionomia più matura è la seguente: «I parchi scientifici e tecnologici sono organizzazioni complesse, in particolare organizzazioni reticolari o quasi-impresе (impresе ibride, impresе rete): ossia entità organizzative tra gerarchia e mercato, identificate su un territorio ma non esaurentesi in esso, dotate di valori patrimoniali, economici, tecnici che dispongono di un governo basato sulla cooperazione di diversi attori capaci di supportare sviluppare o guidare processi economici, tecnici e sociali orientati a scopi definiti».

⁽⁵⁴⁾ In linea con il pensiero di F. BUTERA, *op. cit.*, si veda il contributo di C. CANTÙ, *op. cit.*, che definisce i parchi, nella loro configurazione più matura, «degli hub, dei nodi di reti complesse e internazionalizzate, che supportano le impresе nella proiezione globale» a beneficio di tutto il territorio circostante.

⁽⁵⁵⁾ Con riferimento alla centralità dell'elemento relazionale come fattore strategico affinché i parchi perseguano i loro obiettivi di sviluppo economico nei territori di

È per questo insieme di ragioni che i principali studi sul tema suggeriscono già da tempo che i principi organizzatori dei parchi scientifici e tecnologici, e più in generale delle strutture di sostegno alla collaborazione tra ricerca e imprese, non dovrebbero essere «la gerarchia e il controllo, ma il governo delle connessioni fra una serie di enti» (istituzioni, università, centri di ricerca, organizzazioni finanziarie etc.)⁽⁵⁶⁾.

D'altra parte, non si può negare lo sforzo evidente realizzato di recente da parte di alcuni parchi scientifici e tecnologici⁽⁵⁷⁾ per rinnovare la filosofia gestionale e le tradizionali modalità organizzative nella direzione di promuovere maggiormente la comunicazione e la creazione di reti di respiro strategico lungo le quali favorire la circolazione della conoscenza. Eppure, sembrerebbe che rispetto a questo profilo il ruolo dei parchi scientifici e tecnologici stenti ancora a delinearli con sufficiente forza e identità.

Al riguardo, sono invero esigui i contributi che hanno indagato la posizione dei parchi all'interno delle reti della conoscenza con una adeguata profondità di analisi. Su tutti merita menzione lo studio di Capello e Morrison che sul punto solleva importanti considerazioni.

riferimento si rinvia anche ai contributi di G. PETRONI E D. G. BIANCHI, *op. cit.*; C. CANTÙ, *op. cit.*; R. CAPELLO E A. MORRISON, *op. cit.*, che individua i parchi quali «luoghi geograficamente riconoscibili in cui sono situati imprese, università e centri di ricerca per sfruttare i vantaggi competitivi derivanti dalla prossimità geografica, dalla presenza di esternalità della conoscenza e dalle economie di agglomerazione»; D. FELSENSTEIN, *University-related Science Parks: "seedbeds" or "enclaves" of innovation?*, in *Technovation*, 1994, vol. 14, n. 2, 93-110 che definisce i parchi quali «enclave for innovation» in grado di stimolare il flusso di conoscenza tra imprese, istituzioni e università. Nella stessa prospettiva, anche M. SANCIN, *R&S, innovazione tecnologica e sviluppo del territorio: il ruolo dei parchi scientifici. La valorizzazione della R&S e le ricadute dell'AREA Science Park di Trieste*, Area Science Park, Trieste, 1999 secondo cui i parchi scientifici, per la loro capacità di sviluppare legami tra organizzazioni eterogenee, si configurano come «knowledge broker», e cioè soggetti intermediari che mettono in rete le forze locali rivelandosi attori centrali nella promozione dello sviluppo territoriale e nella generazione di nuove conoscenze. Infine, sul tema si rimanda anche al contributo di S. BASSANI, C. BETTINELLI, G. DOSSENA, L. SANZ, *Parchi Scientifici Tecnologici e loro contributo ai sistemi locali per l'innovazione: evidenze empiriche*, Sinergie, n. 84, gennaio-aprile 2011.

⁽⁵⁶⁾ F. BUTERA *op. cit.* 17.

⁽⁵⁷⁾ Si veda l'analisi empirica contenuta in C. CANTÙ, *op. cit.* Sia consentito rimandare a E. PRODI, *op. cit.* e ivi le interviste a una selezione di responsabili di parchi scientifici e tecnologici.

Lungi dall’essere facili strumenti di policy sempre e comunque idonei a sostenere attività innovative «a beneficio dell’universo indifferenziato delle imprese»⁽⁵⁸⁾, i parchi possono realmente operare a sostegno, da un lato, della circolazione dei flussi di conoscenza locale e, dall’altro, della creazione di network che mettano in rete i soggetti anche su lunghe distanze, se sono soddisfatte principalmente due condizioni. Si tratta, in primo luogo, della predisposizione naturale degli attori locali di allacciare relazioni collaborative, poiché «in un’area in cui questa attitudine è inesistente, la possibilità per i parchi di sviluppare legami tra imprese a livello locale si ritiene sia limitata. Al contrario, laddove il capitale relazionale è elevato, il ruolo dei parchi scientifici e tecnologici può diventare addirittura superfluo»⁽⁵⁹⁾. Secondariamente, risulta centrale la capacità delle imprese di riconoscere, assorbire e sfruttare la conoscenza prodotta esternamente sulle nuove tecnologie di frontiera. Lo stock di conoscenze accumulato dalle imprese consente loro, in maggiore o minor misura, di «riconoscere il valore delle informazioni ricevute, dunque di selezionarle e assimilarle per utilizzarle per scopi commerciali»⁽⁶⁰⁾. Maggiore è stato nel corso del tempo lo sforzo delle imprese volto a incorporare competenze tecniche sempre più specializzate e maggiore sarà il potenziale dell’impresa di intercettare, comprendere, ricombinare e interiorizzare conoscenze sempre nuove prodotte all’esterno. Per contro, le imprese che si distinguono per una debole base di conoscenze specialistiche, aspetto che accade di frequente quando si opera in contesti caratterizzati da Pmi, tendono a non riconoscere gli input necessari per rinnovarsi.

In aggiunta a queste criticità che interessano il fronte delle imprese e le condizioni di contesto dei territori in cui i parchi sono insediati, i numerosi tentativi realizzati da parte dei parchi per creare reti aperte e distribuite nello spazio stenterebbero a decollare anche in ragione del fatto che non si tratta di un compito a cui il management del parco stesso attribuisce un ruolo predominante rispetto ad altre attività ordinarie. Sul punto, più voci della dottrina hanno suggerito la

⁽⁵⁸⁾ MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, *op. cit.*, 69.

⁽⁵⁹⁾ R. CAPELLO e A. MORRISON, *op. cit.*, 12.

⁽⁶⁰⁾ Sul punto, e per approfondimenti sul concetto di «absorptive capacity», si veda W.M. COHEN e D.A. LEVINTHAL, *Absorptive Capacity: a new perspective on learning and innovation*, in *Administrative Science Quarterly*, 1990, n. 35, 128-152. Si veda anche S. A. ZAHRA e G. GEORGE, *Absorptive Capacity: a review, reconceptualization, and extension*, *Academy of Management Review*, 2002, 27, 185 – 203.

necessità, da parte dei parchi, di lasciare al mercato l'offerta di servizi e consulenze specializzate, a favore di un maggiore impegno nella promozione di sinergie e collaborazioni tra competenze complementari presenti sul territorio e su lunga distanza. Ciò richiederebbe necessariamente di alleggerire anche la enfasi posta sugli spazi fisici e sulla componente immobiliare che comporta elevati costi fissi e di gestione da parte del management del parco.

A questo proposito occorre specificare che nell'esperienza italiana la nascita di buona parte dei parchi scientifici e tecnologici è spesso volte avvenuta nei termini di operazioni di conversione o riqualificazione edilizia di stabili dismessi, un tempo adibiti a luoghi di produzione industriale. In alcuni casi, si tratta perciò di strutture tendenzialmente isolate, spesso distanti dai centri urbani e non sempre raggiungibili agevolmente mediante mezzi di trasporto pubblico, la cui manutenzione e adattamento agli scopi del parco sembrerebbe sottrarre al management considerevoli risorse che invece potrebbero essere investite sul fronte della attivazione, come auspica la dottrina, di reti aperte e regolate sulla base di obiettivi condivisi da parte di tutti i partecipanti.

Rispetto a questo ultimo elemento, è stato riscontrato da alcuni studi⁽⁶¹⁾ che quanto maggiore è l'impegno di un parco ad aggregare soggetti differenti attorno valori condivisi e obiettivi convergenti, tanto più forti saranno le relazioni che il parco stesso riuscirà ad instaurare a prescindere dalla prossimità fisica e geografica tra gli attori coinvolti. In questo senso, parrebbe rilevare negativamente nell'esperienza italiana l'elevata eterogeneità dei soggetti che compongono la compagine che ha dato avvio alla maggior parte dei parchi scientifici e tecnologici e che solitamente coinvolge, tra i soggetti più ricorrenti, centri universitari, camere di commercio, grandi imprese private, agenzie per lo sviluppo regionali. La presenza nella governance del parco di più soggetti portatori di interessi differenti e non sempre convergenti tra di loro sembrerebbe riflettersi nella definizione di strategie poco chiare e obiettivi puntualmente formulati in termini vaghi e non agevolmente misurabili e valutabili, come ad esempio «la valorizzazione della ricerca» piuttosto che «la crescita dell'innovazione» o ancora «lo sviluppo economico del territorio». Negli stessi termini rileva anche la connotazione multisettoriale di buona parte dei parchi: concepita nella speranza di attirare e aggregare

⁽⁶¹⁾ Si vedano le conclusioni dello studio di C. CANTÙ, *op. cit.*

il più ampio volume di risorse, umane e finanziarie, possibile, sembrerebbe invero aver sortito l'effetto contrario. È stato evidenziato come da questo punto di vista la vocazione tematica di un parco costituisca un attributo identitario che deve essere necessariamente percepito agilmente dai soggetti esterni, pena l'esercizio di un basso grado di attrattività a detrimento della crescita e della competitività del territorio. Non sembra un caso che i parchi scientifici e tecnologici che hanno circoscritto le proprie attività a un novero limitato di settori intorno ai quali polarizzare progetti e obiettivi condivisi da più attori siano annoverati, con ampio consenso da parte della dottrina, tra le esperienze di successo nel nostro Paese.

5. I grandi assenti: formazione e competenze per la ricerca non accademica

Contrariamente a quanto ci si aspetterebbe, il raccordo dei parchi con i centri universitari e con gli istituti che conducono attività di ricerca sembrerebbe rappresentare uno dei principali fattori di debolezza dell'esperienza italiana. L'evidenza empirica mostra come in Italia i collegamenti operativi tra parchi e università, in alcuni casi apparentemente inesistenti ⁽⁶²⁾, si fondino di norma su contatti episodici che avvengono a vario titolo sulla base di relazioni personali tra i singoli docenti e il management del parco, se non direttamente delle imprese insediate. In alcuni casi, il rapporto tra i parchi e le università verte su attività di scouting che il management del parco stesso realizza presso i dipartimenti universitari nel tentativo di individuare progetti e attività di ricerca che siano compatibili con i fabbisogni espressi dalle aziende insediate o che si sono rivolte al parco in cerca di servizi specialistici. In altri casi ancora, i parchi scientifici e tecnologici organizzano con cadenza periodica incontri e momenti di confronto in cui ricercatori e studenti PhD, generalmente provenienti dall'Università locale, presentano alle imprese le attività o gli esiti di progetti di ricerca ⁽⁶³⁾ nella speranza di favorire l'avvio di

⁽⁶²⁾ Sul punto si vedano le testimonianze di direttori di parchi scientifici e tecnologici raccolte in E. PRODI, *op. cit.*

⁽⁶³⁾ Sul punto si vedano le testimonianze di direttori di parchi scientifici e tecnologici raccolte in E. PRODI, *op. cit.*

collaborazioni o l'inserimento occupazionale dei dottori di ricerca presso le aziende ⁽⁶⁴⁾. Sembrerebbero marginali le casistiche in cui le collaborazioni avviate tra le università e i parchi scientifici e tecnologici vertono sul segmento dell'istruzione terziaria e segnatamente nell'ambito della formazione alla ricerca ⁽⁶⁵⁾

Sebbene il tema sia rimasto molto spesso sullo sfondo, come dimostra la esiguità di contributi che si sono occupati del problema ⁽⁶⁶⁾, si tratta di un argomento centrale rispetto allo studio dei parchi scientifici e tecnologici che per loro natura dovrebbero essere popolati da ricercatori, tecnologi, project manager e da tutte quelle preziose figure professionali ⁽⁶⁷⁾, «che in generale si occupano della generazione, dell'avanzamento, della diffusione e delle conoscenze scientifiche e tecnologiche e che sono in possesso di titolo di studio superiore o che comunque hanno acquisito competenze analoghe attraverso l'esperienza o la formazione sul lavoro» ⁽⁶⁸⁾.

La presenza sul territorio di un bacino di competenze elevate e maestranze specializzate a cui le imprese possano attingere costituisce infatti un fattore strategico per stimolarne la attività innovativa, oltre che un elemento di richiamo importante per le aziende esterne all'area

⁽⁶⁴⁾ Per le criticità dell'inserimento in impresa dei dottori di ricerca si veda il contributo di M. TIRABOSCHI, *Dottorati industriali, apprendistato per la ricerca, formazione in ambiente di lavoro. Il caso italiano nel contesto internazionale e comparato*, in *DRI*, 2014, n. 1, e ivi ampi riferimenti bibliografici.

⁽⁶⁵⁾ Merita menzione il caso del Polo Tecnologico di Pavia che sostiene la collaborazione con l'Università di Pavia nell'ambito del percorso di Laurea Magistrale MIBE. Si tratta di un percorso di studi che integra la formazione universitaria di giovani studenti con periodi di lavoro retribuito presso un novero di imprese partner. È interessante notare come, ai fini della co-progettazione dei contenuti formativi, parte del management del Polo è presente all'interno dell'advisory board del Master Universitario.

⁽⁶⁶⁾ Sebbene trattato solamente *en passant*, il punto è bene evidenziato nel contributo di G. PETRONI e D. G. BIANCHI, *op.cit.*, 492, in cui si sostiene che «dall'indagine empirica emerge, invero, un'azione formativa sui temi della Science management and technology non particolarmente frequente da parte dei Pst, e anche da parte delle nostre università vi è un certo ritardo nel presidio adeguato di questa tematiche».

⁽⁶⁷⁾ Una puntuale rassegna delle figure professionali che operano presso i parchi scientifici e tecnologici è stata realizzata da M. CATINO e P. CINTI, *Le professioni nei Parchi scientifici e tecnologici: una prima analisi*, in F. BUTERA *op. cit.*, 321-353.

⁽⁶⁸⁾ Così G. SIRILLI (a cura di), *La produzione e la diffusione della conoscenza. Ricerca, innovazione e risorse umane*, Fondazione CRUI, 2010, 29, richiamando il contributo di R. FLORIDA e I. TINAGLI, *Europe in a Creative Age*, Demos 2004.

locale. Eppure sembrerebbe, in via del tutto paradossale, che la storica e cronica difficoltà che contraddistingue il dialogo del mondo accademico con le imprese, ragion per cui i parchi sono stati appositamente creati in qualità di mediatori dei rapporti, si rinnovi anche nelle relazioni con i soggetti gestori dei parchi. Sono gli stessi direttori di alcuni parchi scientifici e tecnologici a constatare come allo stato non vi sia ancora sufficiente cooperazione con le università nell’ambito della costruzione di quelle figure professionali funzionali o di indispensabile supporto alle attività connesse alla ricerca e allo sviluppo ⁽⁶⁹⁾.

Appare determinante, al riguardo, la persistente distanza tra le logiche che informano il lavoro di ricerca nel settore pubblico, ritenuto prevalentemente speculativo e non primariamente finalizzato alla diretta applicazione in contesti produttivi, e quelle private, orientate dal mercato e in più diretta interazione con i bisogni dell’economia e della società. Eppure, a livello comunitario già da tempo le istituzioni auspicano, senza che invero sia mai stato realizzato, la creazione di un mercato unico «delle competenze e delle professionalità proprie del lavoro di ricerca» ⁽⁷⁰⁾ che superi la vecchia distinzione tra settore pubblico e privato in funzione di una effettiva maggiore integrazione tra ricerca accademica e industria, invero mai realmente avvenuta a fronte della persistenza di barriere non solo burocratiche ma soprattutto culturali e di linguaggi.

Ne discenderebbe la forte difficoltà da parte dei parchi scientifici e tecnologici di attirare e di aggregare nell’area locale una sufficiente massa critica di ricercatori e progettisti che contribuiscano all’avanzamento delle conoscenze e dell’innovazione in campo

⁽⁶⁹⁾ «Quel che manca in Italia sono spesso le doppie competenze, ovvero persone che hanno un background scientifico e contemporaneamente una forte sensibilità manageriale. Quelle trasversali poi spesso non esistono e quello deriva dal modello formativo italiano che è un modello spesso basato sul concetto dei “silos”, cioè ogni campo disciplinare è un silos un pò separato dagli altri. [...] Esiste un interesse sempre più crescente su competenze e risorse in grado di operare in mercati internazionali o in team multiculturali. Molte imprese stanno cercando questi profili doppia competenza a cui far fare il project manager, il business developer, il gestore di brevetti e sono figure che sono rare, non si trovano». Si veda l’intervista al Dott. F. Conicella, Direttore Generale di Bioindustry Park Silvano Fumero Spa (TO), in E. PRODI, *op. cit.*

⁽⁷⁰⁾ K. VANDELDE, *Intersectoral Mobility*, Report from the 2014 ERAC mutual learning workshop on Human Resources and Mobility, 2014.

industriale. A tal fine rileva, oltre alla oramai nota ridotta quota di ricercatori impiegati in azienda e nel settore privato in generale ⁽⁷¹⁾, anche la difficoltà delle start-up e delle imprese spin-off di avviarsi lungo percorsi di crescita e di espansione sui mercati internazionali ⁽⁷²⁾. Anche su questo versante appare centrale il tema della formazione e segnatamente dell'assenza, da parte dei ricercatori formati presso le università, di competenze di management, reperimento di capitali e di gestione di impresa, aspetto che pregiudicherebbe la permanenza sul mercato di questi nuclei aziendali nuovi e altamente innovativi, come emerge dal confronto con i direttori dei parchi scientifici e tecnologici ⁽⁷³⁾.

A fronte di una preparazione dei ricercatori prevalentemente condizionata dalle logiche pubbliche del sistema di istruzione, non sono però mancati da parte del legislatore interventi di supporto alla costruzione di percorsi di formazione per il lavoro di ricerca in azienda: meritano menzione l'apprendistato di ricerca, in uno con l'apprendistato di alta formazione ⁽⁷⁴⁾, e i dottorati c.d. «innovativi» ⁽⁷⁵⁾, entrambi funzionali, seppure con le proprie specificità, alla maturazione di competenze per la ricerca in situazioni di compito e di prossimità agli ambienti e alle condizioni aziendali. Tra i principali

⁽⁷¹⁾ Si vedano i dati raccolti in E. PRODI, *Uno, nessuno, centomila: i numeri dei ricercatori in Italia e all'estero*, in *Nòva*, blog ADAPT *La grande trasformazione del lavoro*, 12 aprile 2016.

⁽⁷²⁾ Sul punto si veda C. DANIELI, F. LAZZERI, A. PATRONO, A. PICCALUNGA, *Pronti per evolvere*, IX Rapporto Netval sulla Valorizzazione della Ricerca Pubblica Italiana, 2012, 79.

⁽⁷³⁾ «Seminare durante il percorso universitario, o anche prima, qualche “germe” di cultura di impresa potrebbe avere “effetti collaterali” sorprendenti. Basterebbe fare alcune lezioni all'università su come fare impresa, quali requisiti occorrono, come si valorizzino le conoscenze. [...] Ci è già capitato più di qualche caso di ricercatore che ha creato una startup, che ha sviluppato soluzioni interessanti per il mercato, ma che non ha saputo farle crescere, perché quando il ricercatore trova qualcosa di nuovo ha compiuto il suo compito e si mette a lavorare su qualcos'altro; l'imprenditore invece inizia a farci del business, e così dopo qualche tempo è ritornato in università e la startup è morta». Si veda l'intervista all'Ing. F. Feruglio, Direttore di Friuli Innovazione, in E. PRODI, *op. cit.*

⁽⁷⁴⁾ Oggi disciplinato dall'art. 45, d. lgs n. 81/2015, che è intervenuto sulla materia abrogando il Testo Unico e riscrivendo la disciplina dell'apprendistato di ricerca e alta formazione.

⁽⁷⁵⁾ Sia consentito rimandare a E. PRODI, *Dottorato industriale e ricerca in azienda: un importante chiarimento del MIUR*, in DRI, 1/XXVII – 2017.

limiti e criticità che hanno ostacolato la diffusione presso i parchi scientifici e tecnologici di questi strumenti, e con essi il limitato ingresso e l'insufficiente concentrazione di ricercatori industriali, vi è in primo luogo una scarsa conoscenza degli stessi da parte del management dei parchi ⁽⁷⁶⁾ così come da parte della controparte accademica. Ancor più determinante sembra però essere la mancanza di prospettive di carriera per il personale scientifico al termine dei percorsi di apprendistato e dottorato ⁽⁷⁷⁾ a fronte del nodo ancora insoluto dell'inquadramento giuridico del lavoro di ricerca nel settore privato ⁽⁷⁸⁾. Da un lato è pur vero che il ridotto dato dimensionale che caratterizza oltre il 97 per cento delle imprese italiane costituisce un significativo ostacolo all'ingresso in azienda e alla costruzione di percorsi di carriera per il personale scientifico, in ragione della assenza di divisioni di ricerca e sviluppo adeguatamente strutturate. Per altro verso, però, la presenza di figure professionali dedicate alla innovazione tanto dei beni e dei prodotti quanto dei processi organizzativi aziendali agevolerebbe le imprese nella comunicazione con le istituzioni che conducono attività di ricerca, in virtù di una maggiore prossimità cognitiva e di linguaggi, e nella individuazione dei propri fabbisogni di conoscenza, rendendo così esplicita la domanda di innovazione. Non solo. La presenza sul territorio di uno sviluppato bacino di competenze e attitudini professionali per la ricerca consentirebbe invero di attrarre nell'area risorse dall'esterno e di attivare processi «di fertilizzazione incrociata tra imprese, di sviluppo professionale degli individui e di crescita del know-how locale» ⁽⁷⁹⁾: ciò appare particolarmente vero a fronte del fatto che la conoscenza che

⁽⁷⁶⁾ Si vedano le testimonianze di direttori di parchi scientifici e tecnologici raccolte in E. PRODI, *op. cit.*

⁽⁷⁷⁾ Il punto, con particolare riferimento ai parchi scientifici e tecnologici, è esplicitamente richiamato nel contributo di G. PETRONI E D. G. BIANCHI, *op. cit.*, 491. Per una approfondita trattazione delle criticità e delle problematiche attuali connesse all'inquadramento giuridico del lavoro di ricerca in azienda e nel settore privato si rimanda a M. TIRABOSCHI, *op. cit.*

⁽⁷⁸⁾ Il tema è oggetto della proposta di legge n. 3654/2016, d'iniziativa dei deputati Vignali, Palmieri e altri, Modifica all'articolo 2095 Cod. Civ., concernente l'introduzione della figura del ricercatore, e disciplina dell'attività di ricerca nel settore privato, presentato in Parlamento nel corso della XVII Legislatura.

⁽⁷⁹⁾ R. CAPELLO e A. MORRISON, *op. cit.* 7.

alimenta i processi di innovazione possiede una componente tacita ⁽⁸⁰⁾ che viene trasmessa soprattutto tramite canali informali come possono essere i contatti personali che avvengono costantemente tra clienti, imprese e loro fornitori, dimostrazioni tecniche e i fenomeni della mobilità, del distacco e della ricollocazione dei ricercatori da una impresa all'altra o dall'università verso il settore privato. È per tali ragioni che un efficiente mercato del lavoro di ricerca, e con esso una sua organizzazione e disciplina tali da garantire adeguati percorsi di inserimento, carriera e mobilità, costituisce uno dei presupposti su cui fondare i modelli produttivi nuovi che contraddistinguono le moderne economie della Quarta rivoluzione industriale, in competizione tra loro non tanto per le tecnologie di nuova generazione, quanto semmai per attrarre cervelli e professionalità che sappiano governare tali tecnologie.

6. Considerazioni conclusive: proposte e spunti progettuali per i centri di competenza del Piano Nazionale Industria 4.0

In prospettiva della messa a punto dei nuovi centri di competenza per «Industria 4.0», la “lezione” dei parchi scientifici e tecnologici, unitamente ad uno sguardo all’esperienza internazionale, consente di formulare alcuni suggerimenti progettuali nella speranza che la futura allocazione delle risorse pubbliche sia maggiormente funzionale e allineata agli scopi previsti, che nel caso specifico dei centri di competenza corrispondono al sostegno delle imprese, e segnatamente di quelle medio-piccole, nella transizione alla produzione digitale.

Al tal fine, e segnatamente nell’ottica di abilitare i processi produttivi che soggiacciono alla c.d. Quarta rivoluzione industriale, è auspicabile invertire le logiche che hanno per lungo tempo orientato l’agire dei parchi, superando la impostazione lineare e verticistica dei processi di trasferimento tecnologico dalle università verso i centri produttivi. Sembrerebbe più opportuno stimolare i processi di innovazione a partire dal lato della domanda, espressione dei fabbisogni del sistema delle imprese e più in generale di tutti gli attori che concorrono alla creazione delle catene globali del valore. Acquisita la dimensione

⁽⁸⁰⁾ Per una categorizzazione delle tipologie di conoscenza si rimanda a C. ANTONELLI, *op. cit.*

reticolare e la natura interattiva dei processi di innovazione, si tratterebbe di ricoprire un ruolo funzionale a fare emergere e interagire tutta la conoscenza allo stato esistente sui temi di «Industria 4.0», conoscenza che pure esiste ma che è polverizzata tra le molteplici esperienze diffuse nei territori. Ciò implicherebbe, da parte dei centri di competenza, un impegno finalizzato ad abbattere le asimmetrie informative che si ergono tra le imprese, ostacolandone la comunicazione, e a inanellare catene di relazioni tra attori che da soli non sarebbero altrimenti in grado di riconoscere la reciproca utilità entro in paradigma di «Industria 4.0» e con essa la complementarità delle competenze di cui sono in possesso. Parrebbe pertanto auspicabile che i centri di competenza agiscano come una sorta di *hub* (un po' come nel modello del trasporto aereo) secondo criteri di «governo delle connessioni fra una serie di enti» nella logica di «aggregare, selezionare, costruire reti e dirigere i flussi in entrata e in uscita dal territorio nella logica di *supply chain* e *value chain* orizzontali diffuse e senza confini geografici/fisici, concorrendo così alla creazione di valore nei settori e consentendo la loro evoluzione verso l'«Industria 4.0»⁽⁸¹⁾».

Così intesi i centri di competenza potrebbero agire nella direzione di valorizzare la natura relazionale che caratterizza i processi di innovazione, come postulano le principali correnti di pensiero sul tema (*supra*, § 2) e come da tempo tentano di fare alcuni parchi scientifici e tecnologici⁽⁸²⁾. Non solo. Tali compiti e funzioni sembrerebbero assumere primaria importanza a fronte dei vincoli ambientali e strutturali, precedentemente messi in evidenza (*supra*, § 4), che rallentano il percorso, singolarmente difficile da sviluppare, delle Pmi verso la transizione alla produzione digitale.

Da un punto di vista operativo, sulla scorta della lezione appresa dai parchi scientifici e tecnologici, i centri di competenza sembrerebbero necessitare non tanto «di grandi strutture fisiche ma di potenti piattaforme di cooperazione su internet a cerchi concentrici (dall'open access ad aree riservate per ogni singolo progetto)⁽⁸³⁾». In questi stessi

⁽⁸¹⁾ ADAPT – FIM CISL, *op. cit.*, 15.

⁽⁸²⁾ Su tutti, l'esempio dei poli di innovazione della Regione Piemonte dove in quattro casi su dodici la gestione del polo è stata affidata a parchi scientifici e tecnologici (*supra*, § 3).

⁽⁸³⁾ ADAPT – FIM CISL, *op. cit.*, 16.

termini, anche l'esperienza di alcuni centri di competenza tedeschi per l'«Industria 4.0» si distingue proprio per l'ampio utilizzo di piattaforme e servizi di supporto on-line per mantenere in costante connessione e aggiornamento i soggetti che partecipano ai network operativi, alle attività di formazione, sensibilizzazione e agli eventi connessi alle tematiche di «Industria 4.0» organizzati dal centro di competenza stesso ⁽⁸⁴⁾. Entro questa prospettiva, la creazione dei centri di competenza non presupporrebbe la costituzione di partenariati onerosi dove prevalgano già logiche relazionali o vincoli di natura politica, semmai una governance agile e compatta che prescindendo dalla componente immobiliare per concentrare forze e risorse verso le operazioni di attrazione, aggregazione e incrocio di competenze complementari prodotte da tutti i soggetti che concorrono a generare le catene globali del valore. A tale proposito, e diversamente da quanto accaduto nella maggior parte dei parchi scientifici e tecnologici, parrebbe opportuno che i centri di competenza si dotino di una identità maggiormente specifica, facilmente riconoscibile e individuabile dai soggetti interni all'area locale così come da parte di quelli fisicamente più distanti. In questo senso, la letteratura internazionale che si occupa di politiche pubbliche di sostegno alla ricerca e al trasferimento tecnologico suggerisce di attribuire a tali interventi di policy vocazioni non tanto settoriali o tecnologiche, semmai mission-oriented, ossia centrate sulle sfide reputate dal Governo come prioritarie per l'economia e la società. Ciò consentirebbe lo scambio circolare e l'incrocio di più saperi ed esperienze intorno ad aree tematiche o grandi missioni, come possono essere la mobilità, la salute, i cambiamenti climatici, l'invecchiamento attivo ⁽⁸⁵⁾. Ragionare in termini di problemi

⁽⁸⁴⁾ La strategia tedesca finalizzata a consentire alle Pmi di intraprendere la transizione verso la produzione digitale è contenuta nel piano del governo federale "Mittelstand 4.0 – Digital Production and Work Processes". Si tratta di una iniziativa che stanziava cospicui finanziamenti per la realizzazione di 16 Competence Center in materia di industria 4.0, uno per ciascun Länder. Per una trattazione del modello dei centri di competenza operante in Germania si veda E. MÜLLER e H. HOPF, *Competence Center for the Digital Transformation in Small and Medium-Sized Enterprises*, Elsevier, 2017. Si veda anche FEDERAL MINISTRY FOR ECONOMIC AFFAIRS AND ENERGY, *Mittelstand 4.0 – Digital Production and Work Processes funding initiative*, February 2017, disponibile on-line al sito: <https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/PDF/faktenblatt-mittelstand4.0-englisch.property=pdf.bereich=md.sprache=de.rwb=true.pdf>.

⁽⁸⁵⁾ Si rimanda ai contributi di M. MAZZUCATO, *From Market Fixing to Market-*

da risolvere e di soluzioni alle grandi sfide sociali potrebbe consentire di valorizzare la elevata frammentazione del nostro tessuto produttivo e la partecipazione di molteplici attori, non solo provenienti dall'area locale, ma anche attirando risorse a livello nazionale o globale. A tal proposito, un attento lavoro di regia e coordinamento da parte dei centri di competenza di ciò che già esiste nell'area parrebbe indispensabile per facilitare l'ingresso dei soggetti presenti sul territorio in reti aperte e segnatamente in quei «network globali della produzione⁽⁸⁶⁾» dove possono incontrare attori in possesso di competenze complementari e funzionali a sostenere la loro transizione alla produzione digitale, «come possono essere i centri di ricerca pubblici e privati (sia istituti di ricerca, sia start up di ricerca, sia dipartimenti universitari)⁽⁸⁷⁾», i finanziatori e i venture capital, i parchi scientifici e tecnologici e i laboratori misti pubblico-privato in grado di offrire spazi e locali equipaggiati dove sperimentare nuove tecnologie e testare prototipi nelle fasi pre-competitive. Non solo. Al pari delle iniziative di supporto alla produzione e sfruttamento delle tecnologie digitali e all'implementazione di nuovi modelli di business, è auspicabile che i centri di competenza non trascurino gli aspetti connessi, da un lato, alla formazione e alla previsione dei fabbisogni professionali; per altro verso, alla gestione delle risorse umane, della contrattualistica e della salute e sicurezza negli ambienti di lavoro, in virtù dell'ingresso delle nuove tecnologie nei processi produttivi e del cambiamento dei tradizionali rapporti uomo-macchina. Le trasformazioni che avvengono sul versante della tecnologia sono profondamente intrecciate ai

Creating: A new framework for innovation policy, Special Issue of Industry and Innovation: "Innovation Policy – can it make a difference?", 23 (2), 2016, 20 e D. FORAY, D. C. MOWERY e R. R. NELSON, Public R&D and social challenges: what lessons from mission R&D programs? Research Policy, vol. 41, n. 10, 2012, 697–1702. Si veda inoltre M. MAZZUCATO, From market fixing to market-creating: a new framework for innovation policy, in special issue of Industry and Innovation: Innovation Policy – can it make a difference?, 2016 e M. MAZZUCATO, Mission-oriented innovation policy. Challenges and opportunity, the RSA and UCL Institute for Innovation and Public Purpose, September 2017, disponibile on-line al sito: <https://www.thersa.org/globalassets/pdfs/reports/mission-oriented-policy-innovation-report.pdf>.

⁽⁸⁶⁾ Cfr. L. PERO, *Processi di riaggiustamento industriale in Italia nell'epoca della globalizzazione*, Quaderni di rassegna sindacale, N. 2-2012.

⁽⁸⁷⁾ ADAPT – FIM CISL, *Libro bianco su lavoro e competenze in impresa 4.0*, settembre 2017, 19.

cambiamenti nell'organizzazione del lavoro, che costituisce un fattore indispensabile per abilitare il paradigma 4.0 nelle imprese, come mostra l'esperienza tedesca. Il piano «Mittelstand 4.0 – Digital Production and Work Processes», promosso dal Governo federale tedesco per la realizzazione una rete di centri di competenza in materia di «Industria 4.0», prospetta presso la quasi totalità dei centri la presenza di dipartimenti (talvolta identificati con l'espressione «Labour 4.0») che si occupano di consulenze e specifici interventi legati all'ammodernamento delle pratiche di gestione e organizzazione del personale e alla tutela della proprietà intellettuale.

Nella costruzione delle reti aperte è dunque auspicabile, da parte dei centri di competenza, il coinvolgimento anche delle «agenzie per il lavoro, che possono aiutare nel far incontrare domanda e offerta di lavoratori qualificati»⁽⁸⁸⁾, dei fondi interprofessionali e in particolare modo degli enti formativi (università, scuole di alta formazione, ITS) per stimolare il loro coinvolgimento nella costruzione di percorsi di formazione distinti da una più stretta corrispondenza, rispetto al passato, con i fabbisogni espressi dal sistema privato per consentire alle imprese di dotarsi di quelle figure professionali che consentano l'evoluzione dei settori nella direzione di «Industria 4.0». In questi termini, rileva l'esperienza dei Paesi Bassi dove il Governo, nell'ambito delle politiche a sostegno della ricerca e del trasferimento tecnologico, ha predisposto l'iniziativa «Human Capital Agenda»⁽⁸⁹⁾. Si tratta per la verità di più piattaforme, una per ciascuno dei settori considerati strategicamente rilevanti per il futuro e la sostenibilità dell'economia olandese, ideate per recepire i contributi e i suggerimenti provenienti dalle imprese, dalle università e dalle parti sociali. Ciò consentirà di offrire al Governo principi ispiratori e linee guida per formulare politiche educative che investano sullo sviluppo dei talenti e sull'aggiornamento delle conoscenze oggi richieste dal mercato alle nuove figure professionali che emergono in risposta ai cambiamenti tecnologici. Di queste piattaforme, o di analoghi provvedimenti,

⁽⁸⁸⁾ *ibidem*.

⁽⁸⁹⁾ Con riferimento al sistema delle politiche di sostegno alla collaborazione tra ricerca e imprese nei Paesi Bassi sia consentito di rimandare a E. PRODI, *Industria 4.0: dalla vecchia politica industriale a una politica per l'empowerment delle imprese. Il caso dei Paesi Bassi*, in E. PRODI, F. SEGHEZZI, M. TIRABOSCHI (a cura di), *Il piano Industria 4.0 un anno dopo*, ADAPT Labour Studies e-Book series, n. 65.

potrebbero ad esempio farsi carico i centri di competenza nell’esperienza italiana.

Sempre sulla scorta di alcune suggestioni di ascendenza olandese, i centri di competenza potrebbero stipulare con il Governo dei c.d. «Innovation Contract»: si tratterebbe di accordi ai quali il governo potrebbe subordinare la concessione di finanziamenti al centro di competenza sulla base del raggiungimento di chiari e definiti obiettivi, anche intermedi, che è bene esplicitare fin da subito, anche in funzione di un periodico monitoraggio dell’avanzamento delle attività mediante l’utilizzo di indicatori di performance, per evitare gli sprechi di risorse pubbliche. I finanziamenti pubblici potrebbero essere utilizzati a sostentamento delle attività ordinarie e gestionali del centro di competenza, benché sia possibile immaginare un modello finanziario più articolato, per cui ai finanziamenti iniziali stanziati dal governo potranno quindi sommarsi altre risorse provenienti da imprese e da linee di finanziamento europee o nazionali assegnate su base competitiva per assicurare ai centri di competenza la costante e sufficiente disponibilità di risorse da investire nelle attività ordinarie o, se del caso, straordinarie.

Tali compiti e funzioni in capo ai centri di competenza presupporrebbero invero una profonda conoscenza, da parte dei centri stessi, delle dinamiche, degli attori e della cultura tecnica che contraddistinguono l’area in cui sono insediati, agendo in qualità di custodi e depositari della memoria storica della regione. In questo senso, non sembrerebbe pertanto necessario ripensare ex novo ennesime strutture per l’intermediazione dei rapporti tra ricerca e impresa. Semmai, ragionare su un nuovo approccio all’innovazione, anche affidando il ruolo di centro di competenza a strutture già operative con lo scopo di valorizzare quel che già esiste e funziona bene e, al contempo, creare le condizioni per favorire lo scambio circolare tra conoscenze, saperi ed esperienze complementari, che allo stato parrebbero non sempre in grado di riconoscersi. Tuttavia, la persistente assenza da parte delle istituzioni di pratiche di monitoraggio e valutazione delle politiche pubbliche di sostegno alla collaborazione tra ricerca e impresa non consente di individuare le casistiche che soffrono di maggiori criticità e separarle dalle pratiche virtuose che pure ci sono, come segnalato dalla dottrina, e che già da tempo lavorano per favorire l’incontro tra domanda e offerta di innovazione: sembrerebbe il caso di alcuni parchi scientifici e tecnologici che pur a

fronte di tanti limiti e criticità parrebbero operare nella direzione di consolidare l'infrastruttura intangibile sulla quale poggiano i nuovi modelli di produzione connessi a Industria 4.0.

I centri di competenza per l'Industria 4.0: la “lezione” dei parchi scientifici e tecnologici – Riassunto. *L'articolo si occupa di ricostruire il quadro delle politiche pubbliche di sostegno alla collaborazione tra sistema della ricerca pubblica e delle imprese, nonché di analizzare empiricamente il caso dei parchi scientifici e tecnologici, identificando i principali limiti progettuali e le criticità che contraddistinguono l'esperienza italiana. La “lezione” dei parchi consente di formulare alcune proposte e spunti progettuali per la messa a punto dei c.d. centri di competenza, prospettati dal piano nazionale «Industria 4.0» del Governo per trasferire verso le imprese le conoscenze sulle nuove tecnologie digitali. Ciò con il duplice obiettivo di prevenire, per un verso, l'insorgenza di analoghe criticità anche per i nascenti centri di competenza; dall'altro lato, di orientare la costituzione di entità funzionali ad abilitare i processi produttivi nuovi connessi a «Industria 4.0».*

Competence Centers for Industry 4.0: Lessons from Science and Technology Parks – Summary. *The paper deals with public policies favouring cooperation between public research and companies. It empirically analyses science and technology parks, pointing out some major shortcomings and issues affecting the Italian context. The insights into the investigation of parks enable to put forward ideas and proposals for the establishment of so-called «competence centers» for Industry 4.0. They should be tasked with developing knowledge of new digital technologies among businesses. This should aim to prevent similar problems among «competence centers», while contributing to the setting-up of entities facilitating the dissemination of Industry 4.0-related productive processes.*

Osservatorio internazionale e comparato

Digitization of Industrial Work in Germany. Prospects and Design Options

Hartmut Hirsch-Kreinsen*

Summary: 1. Introduction. – 2. Divergent Perspectives on the Future of Industrial Work. – 2.1. A Pessimistic Perspective. – 2.2. An Optimistic Perspective. – 2.3. The Need for Work Design. – 3. Socio-Technical Approach. – 4. Options for Skill-Oriented Work Design. – 4.1. Interface: technology / personnel. – 4.2. Interface: personnel / organization. – 4.3. Interface: organization / technology. – 5. Basic Guidelines for Work Design. – 6. Conditions and Perspectives.

1. Introduction

The diffusion of digital technologies in manufacturing will have far-reaching consequences for jobs and skills. This is especially true for the German economy, where manufacturing accounts for roughly 22 percent of the country's gross domestic product (GDP) ⁽¹⁾. Most experts believe that the increased use of technology will alter production processes with potentially disruptive social and economic consequences ⁽²⁾. The world is on the cusp of a new digital era referred to in international debates as the “second machine age” ⁽³⁾, the “third

* *Prof. em. Dr., Industrial and Labour Research, TU Dortmund University, hartmut.hirsch-kreinsen@t-dortmund.de.*

⁽¹⁾ GERMANY TRADE & INVEST, *Economic Overview Germany: Market, Productivity, Innovation*, 2015 <https://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Germany/economic-overview-germany-market-productivity-innovation-201-2016-en.pdf?v=7> (accessed June 22, 2016).

⁽²⁾ R. AVANT, *The third great wave*, in *The Economist*, 2014, Special Report.

⁽³⁾ E. BRYNJOLFSSON, A.MCAFEE, *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, Norton, 2014.

industrial revolution”⁽⁴⁾ or, in Germany, the “fourth industrial revolution” or “Industry 4.0”⁽⁵⁾.

The diffusion of Industry 4.0 and increased digitalization is changing the world of work. These changes will become commonplace in the future, but predicting the consequences of digitalization for jobs and skills is a much harder task. Experts have varying views on the consequences of the growing diffusion of technology. On the one hand, there is an optimistic perspective that emphasizes positive consequences for labor, skills and income in the industrial work of the future. On the other hand, digitalization is expected to create some very thorny challenges for economic structures and the future of work, such as the “de-skilling” of work and job losses.

This paper examines expert arguments and existing literature on the consequences of the greater use of digital technologies from a labor market perspective. The author focuses mainly on examining potential changes in industrial work and explicating the tenets of the intensive debates taking place in Germany on Industry 4.0. Specifically, the paper addresses the following questions: How have the nature and tasks required in industrial work evolved during the last several years? How is this evolution transforming work? Second, the author proposes a response to technological change rooted in the principles of job design to guide the future of industrial work, with a focus on skills. To maintain its focus, the paper will not address other debates around the digitalization of industrial work, such as wage polarization and growing income inequality. It refers mainly to the German situation but research findings from around the world are taken into consideration.

This contribution draws on existing research on industrial work and labor that deals with the diffusion of digital technologies in industrial sectors. The analysis also uses the preliminary results of a series of semi-structured interviews carried out by the author with policymakers, representatives of industrial associations, unions and management

⁽⁴⁾ J. RIFKIN, *The Third Industrial Revolution. How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World*, Palgrave MacMillan, 2011.

⁽⁵⁾ FORSCHUNGSUNION/ACATECH, *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industry 4.0 working group*, 2013.

representatives of manufacturing companies in Germany ⁽⁶⁾. Despite the global debate around the impact of technological advancements on labor markets, research looking at the transformation of industrial work is surprisingly thin.

2. Divergent Perspectives on the Future of Industrial Work

Many studies suggest that digital technologies will change the nature of work in almost all sectors, including manufacturing – from the activities on the shop floor to related areas such as planning, control systems and product development. Consequently, the demands on leadership and management will also change significantly. Although experts predict thorough reorganization of work within companies and in the relationships between companies and their value chains, they do not agree about how industrial work will change and what those changes will mean in terms of job opportunities and skill requirements.

2.1. A Pessimistic Perspective

One line of arguments can be characterized as pessimistic about how the future development of industrial work will affect workers. According to this perspective, the rapid development and dissemination of digital technologies and an increasingly growing gap between the new demands of technology and the difficulties in skilling or re-skilling workers will mean fewer opportunities for employees.

This argument contends that the demand for many tasks and qualifications will decline, reducing the number of available jobs. Many jobs will be replaced by digitalization ⁽⁷⁾. The well known authors Frey and Osborne support this view in a study of the U.S. labor market. They show that very significant potentials for job losses go

⁽⁶⁾ H. HIRSCH-KREINSEN, *Digitization of industrial work: Development paths and prospects*, in *Journal for Labour Market Research*, 2016, vol. 49, n. 1, 1-14;

H. HIRSCH-KREINSEN, P. ITTERMANN, J. NIEHAUS, *Digitalisierung von Industriearbeit*, Nomos, 2017.

⁽⁷⁾ E. BRYNJOLFSSON, A. MCAFEE, op. cit.

hand-in-hand with the use of digital technologies. They conclude that approximately 47 percent of all activities in the American labor market over the next one or two decades could be threatened by automation ⁽⁸⁾. Other authors present similar findings for the European and German labor markets. Bowles (2014) comes to the conclusion that in the long term more than half of all jobs in Germany are threatened by automation ⁽⁹⁾. Another study predicts that for the German economy as a whole, 59 percent, or more than 18 million jobs, could potentially be lost as a result of automation ⁽¹⁰⁾.

Experts with a pessimistic view of technology argue also that increasing adoption of technology will erode jobs requiring medium-level skills, while those in jobs demanding higher qualifications or jobs that cannot be routinized easily will benefit. This ‘skill-biased technical change’, as it is frequently referred to, will exacerbate labor market inequalities. Following these authors further, labor-intensive manufacturing work such as automotive installation and system monitoring as well as many routine administrative and service activities that require medium skill levels are also more routinized and can therefore be replaced by automation more easily ⁽¹¹⁾. Complex activities in high-wage areas such as management, consulting or financial services, and low-wage jobs such as simple manual but due to particular material characteristics not routinizable tasks on the shopfloor like specific assembly activities and social work in healthcare; however, will continue to enjoy high demand as they are not as easy to automate. Goos and Manning characterize this trend as the emergence of “lousy and lovely jobs” ⁽¹²⁾.

⁽⁸⁾ C.B. FREY, M.A. OSBORNE, *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?*, in *Technological Forecasting & Social Change*, 2017, vol. 114, n. 1, 254-280.

⁽⁹⁾ J. BOWLES, *The computerisation of European jobs*, 2014.

⁽¹⁰⁾ ING-DiBA, *Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt*, 2015.

⁽¹¹⁾ D. AUTOR, *The ‘task approach’ to labor markets : an overview*, in *Journal for Labour Market Research*, 2013, vol. 46, n. 3, 185-199.

⁽¹²⁾ M. GOOS, A. MANNING, *Lousy and lovely jobs: the rising polarization of work in Britain*, in *The Review of Economics and Statistics*, 2007, vol. 89, n. 1, 118-133.

Similar trends toward a differentiated structure of activities have been elucidated in research on industrial work in the context of intelligent network logistics systems – automated systems for managing supply and distribution that rely on digital technologies, such as the self-controlling storage systems used by manufacturing companies. A clear job polarization is already taking place. On the one hand, sophisticated, more high-skilled occupations such as managers and supervisors have been created to run the new technological systems. On the other hand, low-value added tasks and simple activities like packaging and assembling were retained, since the cost of automating these tasks is still higher than the cost of paying a low-skilled workforce to execute them. Companies often avoid fully automated systems due to high technological complexity and high cost, but the tasks they automate are those that would have been performed by middle-skilled workers.

2.2. An Optimistic Perspective

Another strand of research predicts more positive effects of digitalization: job creation, increased skill requirements, and a general revaluation of jobs and skills, together constituting a “new, more humane turn” ⁽¹³⁾. These optimistic studies suggest that the efficiency gains, new products, new markets and new employment opportunities in the longer term will compensate the negative employment effects of technological change in the short-term. E.g. Evangelista et al. (2014) see, on the basis of a detailed review of the international literature in anticipation of the adoption of digital technologies, little clear impact on employment. In particular, they emphasize that it is particularly difficult to attribute causal effects on employment to this technology ⁽¹⁴⁾.

⁽¹³⁾ S. ZUBOFF, *Creating value in the age of distributed capitalism*, McKinsey Quarterly, 2010.

⁽¹⁴⁾ R. EVANGELISTA, P. GUERRIERI, T. MELICIANI, *The economic impact of digital technologies in Europe*, in *Economic of Innovation and New Technology*, 2014, vol. 23, n. 8, 802-824.

In Germany's Industry 4.0 debate, experts predict high productivity gains and higher economic growth rates ⁽¹⁵⁾ as well as consistently better jobs of greater technology adoption. Thus, the vast majority of manufacturers expect the share of the workforce employed in industrial production to remain relatively stable and significant over the next few years and do not expect large negative employment effects ⁽¹⁶⁾. The same result is found in a study by the Boston Consulting Group, which predicts a six percent increase in employment in German manufacturing over the next 10 years, or about 390,000 jobs between 2015 and 2025 ⁽¹⁷⁾.

With respect to skills, authors predict that digitalization of work will bring a growing appreciation or an "upgrading" of worker qualifications. First, this is considered to be the result of increasing automation of simple jobs such as machine monitoring or simple and highly routinized assembly work that are extensively substituted. Second, upgrading will affect all employee groups. In this perspective, digitalization of work is a process of computerization, which makes a wide variety of information about ongoing processes increasingly available. The complexity and possible applications of technology result in fundamentally new and as yet unknown requirements for all job-related activities. Current information technology applications in the context of Industry 4.0 reflect how technology adoption can prompt greater efforts to upgrade the skills of workers. For example, under these conditions skilled machine operators are able to make decisions about work flow sequences on the basis of an optimized control and information system.

Generally spoken, the new technology provides data and evaluation capabilities that allow for a much higher degree of transparency in production processes. The optimistic perspective emphasizes that a

⁽¹⁵⁾ W. BAUER, S. SCHLUND, O. GANSCHAR, *Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potential für Deutschland*, FhG IAO, 2015.

⁽¹⁶⁾ D. SPATH, O. GANSCHAR, S. GERLACH, M. HÄMMERLE, T. KRAUSE, S. SCHLUND, *Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0*, Fraunhofer, 2013, 46.

⁽¹⁷⁾ BCG (THE BOSTON CONSULTING GROUP), *Industry 4.0 – the Future and Growth in manufacturing Industries*, 2015, https://www.bcgperspectives.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm80-185183.pdf (accessed September 15, 2017).

general upgrading of qualifications in the future will not only be possible but will inevitably materialize. One leading expert in Germany's Industry 4.0 debates, Henning Kagermann, expects that people in the future will be employed less as "machine operators" but rather as "[...] mediators of experience, as decision-makers and coordinators ...[that is,] the variety of job content for the individual employee will increase" ⁽¹⁸⁾. Following this perspective the model of work in German manufacturing industries may evolve into a pattern which can be characterized by a very limited division of labor, high flexibility, and an increasing skill level.

2.3. The Need for Work Design

To summarize, there are opposing perspectives on how the digitalization of work will affect workers of different skill levels and the nature of jobs. Of course, the pessimistic perspective does present a possible scenario. However, labor research provides generally plausible reasons to be optimistic, particularly with regard to an upgrading of skills. The argument is that cooperative work processes especially characterized by high work autonomy can help skilled workers effectively harness digitalized systems to their advantage ⁽¹⁹⁾.

Yet adopting the technology and establishing the corresponding work environments is not easy. Complex production systems are very susceptible to interference, and may have nontransparent and unpredictable effects ⁽²⁰⁾. Therefore, workers will require a high degree of flexibility and problem-solving skills going forward. Finally, the lifecycle of complex systems can always involve new system states that

⁽¹⁸⁾ H. KAGERMANN, *Chancen von Industrie 4.0 nutzen*, in Th. BAUERNHANSL, M. TEN HOMPERL, B. VOGEL-HEUSER (ed.), *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration*, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014, 608.

⁽¹⁹⁾ J.D. LEE, B. SEPPELT, *Human Factors in Automation Design*, in S. NOF (ed.), *Handbook of Automation*, Springer, 2009, 417-436.

⁽²⁰⁾ G. GROTE, *Menschliche Kontrolle über technische Systeme – Ein irreführendes Postulat*, in K. KARRER, B. GAUSS, C. STEFFENS (ed.), *Beiträge der Forschung zur Mensch-Maschine-Systemtechnik aus Forschung und Praxis*, Symposium, 2005, 65-78.

are difficult to control: unexpected start-up problems as well as unexpected disturbances in normal operation. Those can best be overcome in the context of open and informally designed forms of work. The model that the German automotive industry has begun to adopt may be the most effective in ensuring a positive pathway for industrial work.

3. Socio-Technical Approach

The way that industrial work evolves in response to technological advancements will depend in part on how policies and stakeholders shape work design. Work design, or job design, refers to the way labor is deployed in a particular company or institution – the way jobs are executed and the kinds of tasks and interactions they involve. Work design affects the skill variety and autonomy of given job. Multiple economic and social factors and labor market policies have also a bearing on work design, and the complex interaction between technology and jobs. These factors will ultimately determine how new technology will be adopted and how it will shape the future of work.

One response to the digital transformation is to encourage the implementation of a skill-oriented work design model. This requires a proactive vision from company managers, worker councils and unions. An analytical starting point for a skill-oriented design concept in the context of Industry 4.0 is the “socio-technical system” – an approach to work design that emphasizes the interactions and interdependencies between technology, humans and the organization as a whole. Although research has not always been consistent in its definitions, a socio-technical system can be understood as a production unit consisting of interdependent technology, organization and personnel subsystems ⁽²¹⁾. Though the technological partial system can limit the design possibilities of the two other partial systems, these display independent social and psychological characteristics that in turn affect the

⁽²¹⁾ E. TRIST, K. BAMFORTH, *Some social and psychological consequences of the long wall method of coal-getting*, in *Human Relations*, 1951, vol. 4, n. 1, 3-38; A. RICE, *The enterprise and its environment. A system theory of management*, Tavistock Publications, 1963.

functioning of the technological partial system. If Industry 4.0 is understood as socio-technical system, the partial systems can be sketched as follows:

- the *technological partial system* includes e.g. new technologies as innovative transport technologies and “smart objects” that autonomously steer themselves through the manufacturing processes. New light-construction robots, assistance systems and wearables, software solutions as well as new communication media are also part of the technical infrastructure of digitized production;
- the *partial system organization* refers to changed workplace structures and boundaries, modified value-chains, new management functions and innovative business models;
- the *partial system personnel* includes new activities and qualification requirements, employment structures as well as participation modalities;

Naturally in the design of the total system the structures and economic requirements of each field of application and the various knowledge domains of Industry 4.0 must be taken into account. Company interests are here explicit in the sense that they want efficient technologies, and competitive conditions of production. Furthermore, the socio-technical system is embedded in strategic and institutional framework and socio-economic context factors.

In this approach it is not a question of *either technology or the individual*, but rather a *complementary* design should be striven for with the single system elements adjusted to one another in a total socio-technical system⁽²²⁾. Complementarity means here that, depending on the situation, the specific strengths and weaknesses of the technology and humans are equally considered and a functional division between humans and machines is developed that makes possible a disturbance-free and efficient functional capability of the total system. In the complementary design of the total system, the leading criterion should

⁽²²⁾ E. TRIST, K. BAMFORTH, *OP.CIT.*; E. MUMFORD , *The story of socio-technical design: reflections on its successes, failures and potential*, in *Information Systems Journal*, 2006, vol. 16, 317-342.

of course always be to exploit as well as possible the potential advantages of a human-oriented work design.

The key design spaces are therefore less the functional modes of the single partial systems, but rather the *interdependencies* between the technology, personnel and organization: concretely, it is a matter of designing the functional relations or interfaces between the technical, human and organizational systems. For the concrete configuration, besides functional and economic requirements, above all normative guidelines for human-oriented work, as well as divergent social and labor-policy interests play an important role. Proceeding from these assumptions, the present state of research and our own analyses, the options for work design of the key design spaces, resp. of the interfaces between personnel, technology and organization can be outlined as follows.

4. Options for Skill-Oriented Work Design

4.1. Interface: technology / personnel

Under conditions of Industry 4.0, the design of the interface between technology and personnel is not only an issue of considering the well-known criteria of the ergonomically-oriented dialogue design, but rather fundamentally a matter of the “distributed responsibility for action”⁽²³⁾ – its distribution between the technological partial system and human actions during work. This is because, with the digital technologies, new forms of *function-distribution and interaction between machine and the human worker* are made possible. How to design these must be considered one of the key questions in the realization of digitized manufacturing processes and Industry 4.0. Available studies point to an increasing intersection and integration of natural and virtual realities. These extend beyond traditional concepts of human-technological interaction and make necessary new solutions,

⁽²³⁾ W. RAMMERT, I. SCHULZ-SCHÄFFER, *Technik und Handeln. Wenn soziales Handeln sich auf menschliches Verhalten und technische Abläufe verteilt*, in W. RAMMERT, I. SCHULZ-SCHÄFFER (ed.), *Können Maschinen handeln? Soziologische Beiträge zum Verhältnis von Mensch und Technik*, Campus, 2002, 11-64.

e.g. through the application of intelligent robotic and assistance systems. Among these solutions are the use of data glasses, tablets, devices etc. in production and logistic processes. Among the innovations in logistics is the application of drones, new concepts in robotics and autonomous pallet trucks.

The aspects mentioned refer to *alternative solutions to the design* of the human-machine interface. On the one hand it is a matter of the fundamental question of the substitution of tasks and activities as a consequence of automated systems. On the other hand divergent perspectives collide that regard the distribution between workers and machines of tasks and control. Assistance systems e.g. can make possible a greater variety of work and support on-the-job learning processes, but also, through strict process guidelines, limit the space for action of workers.

In regard to the stated principle of complementary system interpretation, an interface design must make possible above all a satisfactory functional capability of the total system. This requires a holistic and collaborative view of the human-machine interaction that identifies the specific strengths and weaknesses of human work and technological automation⁽²⁴⁾. A central tenant here is that human work should attain and conserve transparence and control possibilities over production processes; gain and develop the often indispensable practical knowledge; and, be supported in this by intelligent assistance systems.

This form of interface design leads to a broadening of the employees' task spectrum, fulfilling the need for challenging, learning-friendly work, and opening new possibilities for workers' involvement in design and decision-making. The work situation is thus characterized by a digitally widened field and the need for new qualifications. Assistance systems should be able to be contextually or locally adjusted by the single workers to their individual needs and performance capabilities. For this it must above all also be possible for employees to have sufficient and continuous educational and training opportunities in order to be able to consolidate and extend their experiential knowledge and "on-the-job learning" processes.

⁽²⁴⁾ G. GROTE, *OP.CIT.*

4.2. Interface: personnel / organization

With digitization have come *new challenges for the design of work organizations* in the form of the interface between the partial systems personnel and organization, the change in scope of actions, work-time models, as well as new demands on standards of training and qualification. A key question in this respect is how resources in the form of available competences, labor capacity and experiential knowledge of employees can be used for the design of Industry 4.0 systems. Furthermore, the organizational design of digitized work is decisive for the completeness of operational tasks, as well as for the development of the scopes of action, and learning and qualification opportunities.

The *design alternatives for the interface between personnel and organization* can be predicated above all on the different above-sketches perspectives of industrial work. These can be for example flexible and decentralized team structures, which inevitably collide with well-established function and control structures. Also, the high complexity of decentralized forms of control stand in opposition to a more efficiency-oriented system design. Quite apparently one cannot speak of a definitively determined “one best way” to [re-]design work and organization. Rather, there is a recognizably broad spectrum of partly very different work-organizational models.

In a skill-oriented perspective the given design spaces can be used to achieve a sustainable reevaluation of activities and qualifications. This could make possible efficient forms of work organization as well as work situations with particular qualification demands and in certain circumstances a high degree of behavioral scope, the polyvalent deployment of workers, and a multitude of opportunities for “learning on the job”. Relevant competences are self-acquired in the process, or in the form of job-related and -integrated approaches: this means individual learning, e.g. through job-rotation, as well as forms of “learning islands” or “learning factories”. Learning-promotive work organization and qualification strategies should orient themselves here on the heterogeneous levels of experience and different competence-

bundles of the various employee groups. A central characteristic is that the tasks will rarely be addressed to single workers; rather, a “work collective” acts in a self-organizing way, highly flexible and situationally determined according to the problems to be solved in the technological system.

This organizational pattern can be referred to a “holistic work organization,” or metaphorically, “swarm organization”: a loose network of qualified and differently specialized employees ⁽²⁵⁾. The central feature of this organizational model – which research shows is already reflected in practices in the German automotive industry – is the absence of defined tasks for individual employees. Rather, the “work collective” functions in a highly flexible, self-organized, and situationally determined way, adapting its behavior to the problems that need to be solved around the technological system. The German automotive industry was previously characterized by very low-skilled and repetitive assembly jobs. Today, “smart” robots substitute many of the low-skilled highly routinized assembly tasks. The remaining jobs focus on tasks like maintenance, quality assurance, and personal planning. They are pursued in a highly informal and flexible way. But in order for this new work model to be successful, workers need to be appropriately trained and continually upgrade their knowledge on-the-job.

The design of reevaluated and broadened scopes of action is also a crucial precondition to the deployment of personnel of different abilities and performance capacities in one and the same process area, because a broad spectrum of tasks will be available. This possibility can on the one hand be used to deploy employees for specific activities, but on the other hand also rotations and exchange of tasks are possible, encouraged by broad qualification processes. The different design possibilities are not least also of great importance with regard to the possibility of age-mixed teams, in order to at least mitigate the consequences of the demographic turn of the workforce.

⁽²⁵⁾ H. HIRSCH-KREINSEN, *Digitization of industrial work: Development paths and prospects*, cit.

4.3. Interface: organization / technology

At the interface between organization and technology new design options are emerging referring to redesigning the overarching process and organization of the whole company. This addresses the change of the direct value chain processes in terms of function and hierarchy, as well as the structuring and the link between the core processes of the production and the associated management and support processes. New design options result in these dimensions from the fact that with the new digital systems and their local and simultaneously networked intelligence, a far-reaching departure from the earlier centralized “computer systems” can take place in several regards:

In particular, these developments allow a shift to decentralization and de-hierarchization – often within already relatively “flatly” structured company organizations. The assumption is that the previous forms of factory organization, in particular also the classical organization and personnel deployment structures, are not only being decentralized, but also permanently flexibilized. This concerns not only the manufacturing area, but also the hierarchical dimension of the entire company organization, as well as logistics. Social media functionalities and with them the changed forms of communication affect also indirect areas such as planning, control and engineering as well as direction and management functions. Connected with this is the reorganization of management functions, for example in production and business managements, in consequence of the change in their decision-making competences and shifts in responsibilities to subordinate levels. Additionally, the flexibility of the new technological systems suggests a highly individualized production, in some cases a “minimum batch size 1”. Therefore, an organizational structure based on autonomous, self-controlling systems with a *decentralized control and intelligence* should be taken account.

Finally, based on networked planning and control systems and the application of data mining methods new forms of value-chain structures and *new business models* become possible. In the “smart networked factory”, industrial value-creation is no longer limited to what takes place within the traditional boundaries, departments and company structures. Rather, a decentralized control and intelligence is required

that – however – still remains controllable. In consequence of this digitization process new business models come into use to meet the technology- and organization-related challenges and their interrelations. Changes to the entire value-chains are conceivable that may significantly transcend previous forms of inter-company division of labor and outsourcing. With that are given the organizational requirements for overcoming company barriers to an intensified service and customer orientation as well as to change in business models.

With a continuing differentiation and removal of the boundaries (*Entgrenzung*) of existing production processes, additionally different internal and company-external factors are brought into the value-creation process. As discussed in Germany ⁽²⁶⁾, relevant bywords here are “crowdsourcing” and “crowdwork”, i.e. mostly individuals, also called “crowdsourcers”, who perform highly differentiated and standardized tasks and contribute toward certain outsourced tasks or projects. At the moment, different forms of crowdwork can mostly be found in IT- and software-sectors. However, if crowdwork also diffuses in the manufacturing sector new challenges for forms of skill-oriented regulation of work and inter-company collaboration will arise.

5. Basic Guidelines for Work Design

The above-sketched options in the design of the interfaces between personnel, technology and organization are in the following summarized into some basic guidelines for a skill-oriented design of digitized industrial work. It has already been stressed that in this, the key aim is to elaborate the socio-technical design criteria for human-oriented industrial work under the conditions of the application of digital technologies. It must be however underscored here that the design criteria – on the one hand reach – back to the established knowledge stores of labor research and work design. To be mentioned here are for example the “classical” criteria of human-oriented work design, such as self-organization, encouragement of learning, or decentralization ⁽²⁷⁾. But on the other hand, the technological functions

⁽²⁶⁾ C. BENNER, *Crowdwork – zurück in die Zukunft?*, Bund Verlag, 2014.

⁽²⁷⁾ E. ULICH, *Arbeitspsychologie*, Schäffer-Poeschel, 2005.

of the new technologies open up not only fully new possibilities for realizing the design objectives, but there also emerge new challenges for work design. The following basic guidelines for work design can be highlighted.

Hybrid interaction between machines and humans

The criteria for the design of new forms of the interaction between machine and human being can be summarized as, firstly, *context sensitivity and adaptivity*, and secondly, *complementarity*:

- *Context sensitivity and adaptivity* comprise here aspects of the ergonomically oriented adjustment of digital systems to specific working conditions and loads, eventually a systematic load monitoring, or the automation of especially difficult processes. Moreover, this is an issue of situation-specific, optimal provision of data and information to ensure a disturbance-free work-flow and avoid stress-causing, costly interruptions and slowdowns. Finally, necessary is an intelligent capability to adjust the information and assistance systems to individual, partly differing worker skill levels, in order to thereby ensure on the personnel side the possibilities for continual learning and qualification processes. There is here a further additional design criterion that depends on the process conditions: in how far through the deployment of assistance systems the often essential tacit, resp. practical knowledge of employees can be assured. Therefore significant for this is that holistic learning experiences and processes during the running operations are possible and technologically supported.
- *Complementarity* focuses on two central aspects of the human-machine interaction: One deals with a flexible, situation-specific division of functions between human and machine, and the other aspect is, that the preconditions for a sufficiently transparent and controllable system the employees are given. Relevant design aspects are here: assure human-machine interaction through intuitively serviceable and rapidly learnable hardware as well as targeted and situations-specific access to digital information in real time, in order to make thereby the

employees' digitally supported decision-making and behavioral options secure and modifiable.

The interaction between smart systems and worker behavior can generally be characterized as *hybrid*. In contrast to a traditional perspective on technology as a passive object, in digital systems technology is ascribed the role of a behaving actor, with the consequence that not only the division of labor, but also the decision-making competences in a specific way must be continually re-established between the new technology and personnel. With that, an until now fully unresolved question is posed: in how far, in human-machine interactions, we can speak of "machine responsibility" as the equal to "human responsibility"? This fundamental, legally and ethically highly controversial question has been up to now only discussed in relation to the use of autonomous automobiles; in the future however, this discussion will be intensified in the case of autonomous Industry 4.0 systems.

Flexibly integrated work

The key criteria for the design of work activities at the interface of human being and organization can be summed up in the catchwords *holism* and *dynamics* of work activities and employee deployment.:

- The criterion of *holism* means the completeness of activities in a double sense: for one, an activity should comprise not only executive, but also dispositive (organizing, planning and controlling) tasks. For another, this criterion aims for an appropriate, load-reducing mix of more and less demanding tasks. For example, this design objective can be realized in the context of new forms of robot-human collaboration. Moreover, holism of activities is the central requirement for a greater regulating and behavioral freedom of action as well as the self-organization of work. Finally, with it also are realized the work-organizational requirements for the already mentioned system-based support of learning and continual qualification processes.
- With the criterion of the *dynamics* of work activities the following issues are addressed. First, the work-organizational possibilities for

a systematic exchange of tasks, in order to make learning processes possible and to encourage them. Secondly, the new social-media functions promote interdisciplinary communication and cooperation between differently specialized employees and thus increase the innovation capacity of the work and solution-seeking behavior. Here it is particularly important to be able to “try it out on the shop-floor” in order to cope with rapid technological change. At the same time, in contexts of loosely-structured forms of work, also the deployment of employees of differing abilities and output capacities becomes possible, e.g. in age-mixed work groups. Thirdly, low-structured, dynamic work processes are often the precondition – given the growing complexity of installations and processes in insecure and instable situations – for decisions and interventions to effectively solve unexpected emerging disturbances.

With this it becomes clear that the realization of these criteria suggests an organization of work that was termed above (sec. 4.2) as a “holistic work organization,” or “swarm organization” which comprises a loose network of qualified and differently specialized employees. This model is remarkable for its high structural openness, a very limited division of labor, self-organized activities and great flexibility.

Decentralized systems

The central design guideline for the interface between organization and technology – i.e. the redesigning of the value chain and the organization of the whole company – is considered to be the extensive introduction of decentralized organization segments. Here, on the one hand the design potential of the new and – in comparison to earlier IT systems – particularly decentralized digital technologies will be organizationally exploited. On the other hand are developed through self-organized – i.e. autonomous – production and logistic systems new possibilities for creating the technical-organizational preconditions for the earlier-mentioned new forms of flexibly integrated and innovative industry work. Catchwords here are the overcoming of company-internal departmental barriers, the self-organization of company segments and functions, and interdisciplinary project groups. As already addressed, this suggests a permanent transformation of factory

organization in the totality of its various dimensions. On the organizationally horizontal dimension it is a matter of the flexible integration of differently specialized function areas. On the vertical dimension, the previous division of labor between executing factory-floor functions and the indirect areas will tend to be abandoned and replaced by new forms of flexible and interdisciplinary cooperation including many company functions. Finally, a reorganization of management functions such as production and business managements will be indispensable to the change in their decision-making competences and the shift in responsibilities to lower levels. As addressed above (sec. 4.3), decentralization and decentralized systems are also important organizational requirements for companies' intensified opening to the outside and for an intensified service and customer orientation, as well as for the shift in business models.

Altogether, these guidelines fulfill adequately the prerequisites for exploiting the technological and economic potential of the automated, and possibly the individualized, production system. Here one does not – as in an exclusively technology-centered perspective where controlling structures dominate – relegate to the work-behavioral capacity of personnel only fragmentary, residual functions, but rather, new design possibilities for skill-oriented work are explicitly emphasized. Incontrovertible is also that this design perspective on work makes industrial work, firstly, age- and aging-friendly, and secondly, it can make industrial jobs attractive again to young generations (known to be today mainly interested in careers that can only follow academic studies) – as qualified, self-responsible, “high-tech” work.

6. Conditions and Perspectives

To sum up, it must be however stressed that a successful diffusion and implementation of the described design guidelines depend on a number of *additional conditions*. These concern, firstly, the company level, and secondly the societal level. In regard to the company level, here two aspects should be especially emphasized.

First, the acceptance of Industry 4.0 systems and with that the resulting work design possibilities, both on the side of the workforce and their representatives, and on the management side, must be assured, if not created in the first place. That this factor plays an important role is shown not least in the current Industry 4.0 debate. In order to mitigate reservations held by some of the labor force precisely with regard to the new features of work design – e.g. fears over possible job losses, new sources of stress with increased demands for flexibility, problems resulting from data protection, as well as an intensified surveillance-capacity of work performance – must be addressed and eliminated. The reorganization processes to be expected may conceal multiple, new and in part also contradictory demands on workers for flexibility and self-organization. If there is a disproportion between current needs and resources, stressful behavioral dilemmas could appear for personnel out of the need to manage immediate demands. Effective approaches to solutions to these problems could lie in methods of participative processes for employees and their interest representatives during the introductory and design and implementation process of Industry 4.0 systems ⁽²⁸⁾. On the management side, above all frequent objections may arise to the far-reaching measures transforming established workplace and company organizational practices. In order to overcome such reservations, the targeted *transfer of knowledge and experience* should be introduced resp. further developed, in which successful and exemplary good-practice cases are presented and the success potential of humanly oriented work forms is communicated.

Second and as mentioned, there are challenges resulting from change in management functions and leadership styles. It has to be assumed that, in the face of the general challenges of the new technologies and in particular the implementation of skill-oriented forms of work, previous, hierarchically established management practices and structures will become dysfunctional and obsolete. The direction of necessary change points to the growing importance of “soft skills” as well as high communication and teamwork capabilities: instead of control, it’s now leadership and “motivation at a distance”; instead of hierarchic direction, it’s now “orchestration” of co-workers and “peer-to-peer” communication and encouragement of worker participation that are

⁽²⁸⁾ FORSCHUNGSUNION/ACATECH, *op.cit.*

becoming the key features of management success. Generally company management must, through a changed status-consciousness, take account of the tendency that, through digitization and transformed forms of work, the functional and social boundaries between management and co-workers will erode, and under some circumstances even be reversed. In any case the dominant status-differences of the past between “blue collar” and “white collar” will be increasingly blurred. The objective envisioned is that new forms of self-organization and control will establish themselves, oriented of course to company objectives but characterized by fluid, problem-oriented forms of management. Admittedly, out of this breakup of past management models and the emphasis on bottom-up processes results a certain contradiction: that a sustainable and successful digital transformation in companies is emerging at the same time through functioning top-down processes. However, because of many open questions that this issue must be the object of intensive future research activity.

On the inter-company and societal level, factors play a role that have as object the transformation and further development of labor-policy and social-policy regulation forms and at least indirectly affect the introduction of skill oriented digital forms of work. The issues here are for example the regulation of flexibilization, work-time, co-decision-making as well as continued education and training. Necessary in these areas is often a new labor-political compromise of interests, for only then can obstacles to and reservations over the transformation of work be avoided which emerge from unresolved conflicts and objections. Here cannot be valued too highly the significance of numerous measures in continued training and education as well as in competence-development for the spread of humanly oriented forms of work in the context of the digital transformation. A central aim of such measures must be above all to resolve the multiple “digital divides”. First, the competence differentials between technology-intensive companies and less technology-intensive ones must be evened out, as must, second, competence and performance divergences between different employee groups (in qualifications, age etc.). Here, low-qualified work must be taken particularly into account in order not to separate these employees from general developments in qualifications. Overall however, “competence development” means those key educational and social

policies required to realize on a broad societal front the qualification-oriented and human-oriented forms of work.

In conclusion, concerning the future development of digitized, and especially skill-based work hardly any definitive and sure assumptions can be formulated. As shown above, the arguments made here are often highly hypothetical. But with that a wide field of future social-science research on the development of industrial work is laid out which will concern itself with changes in the context of the introduction of Industry 4.0 and smart production systems. Such a research agenda could take in analytically oriented basic research as well as projects in applied research, for example on technologically oriented development and application attempts. In any case however, the newness and complexity of this area only make still more obvious the need for an interdisciplinary approach between the technical and social sciences. Above all the burning question – and one in no way yet even approaching a definitive answer – is whether this economic and social development, as the German discussion surrounding Industry 4.0 would have it, is indeed the threshold of a “4th Industrial Revolution”.

Digitalizzazione del lavoro industriale in Germania. Prospettive e opzioni di progettazione – Riassunto. *Nel dibattito tedesco riguardante la digitalizzazione del lavoro viene spesso sottolineata la necessità di una progettazione basata sulle competenze per il lavoro del futuro nella produzione e nella logistica. Con riferimento a questo obiettivo, il presente contributo sviluppa le linee guida fondamentali per realizzare un lavoro industriale digitale che ponga al centro le competenze, facendo proprio il concetto di “sistema socio-tecnico” e trasponendolo al contesto dell’attuale sviluppo dell’ “Industria 4.0”. Qui, i più importanti ambiti di progettazione sono identificati nelle interfacce tra elementi tecnologici, persona e organizzazione. Le conclusioni vengono concretizzate in diverse linee guida per un lavoro industriale basato sulle competenze, riconducibili alla interazione ibrida tra uomo e macchina, al lavoro integrato in modo flessibile e ai sistemi decentrati.*

Digitization of Industrial Work in Germany. Prospects and Design Options – Summary. *In the German debates over digitization of work, the necessity is repeatedly stressed of a labor and socio-politically skill-oriented design for future work in production and logistics. Towards that aim this paper develops the basic guidelines for the skill-centered design of digital industrial work, by taking up the concept of the “socio-technical system” and by transposing it to the context of the current development of “Industry 4.0”. Here, the most important design areas for*

work are identified as the interfaces between the system elements technology, human being and organization. Finally, the findings are consolidated into several basic design guidelines for skill-based industrial work, exemplified by the hybrid interaction of human and machine, flexibly integrated work, and decentralized systems.

La transformación de la empresa en la era de la disrupción tecnológica y la industria 4.0

Jesús R. Mercader Uguina *

Sommario: 1. Disrupción tecnológica e industria 4.0. – 2. La desmaterialización de la empresa en la era digital. – 3. El empresario algorítmico: Trabajo y “*platform economy*”. – 4. La tecnología y la consolidación de la empresa “panóptica”. – 5. La empresa robot. – 5.1. El creciente protagonismo de la robótica. – 5.2. La empresa sin trabajadores: Los posibles efectos de la empresa robótica sobre el empleo.

1. Disrupción tecnológica e industria 4.0

El cambio tecnológico que estamos viviendo anuncia una transformación disruptiva en los modos y formas de entender en un futuro próximo la idea de trabajo. Estamos en una época caracterizada por una aceleración que nació, precisamente, con la incorporación de la máquina como elemento esencial del sistema productivo y cuya evolución se ha caracterizado por un desarrollo progresivo en el que cada proceso tecnológico ha sido más potente y veloz que el anterior: el “turbocapitalismo” ⁽¹⁾. La especialidad de esta transformación en relación con los procesos anteriores, la virulencia y velocidad con la que esos cambios se instalan ahora en nuestros sistemas productivos carece, por completo, de precedentes.

En la primera Revolución Industrial (finales del XVIII) el desarrollo tecnológico implicó el paso de la herramienta manual a la herramienta

* *Catedrático de Derecho del Trabajo y de la Seguridad Social de la Universidad Carlos III de Madrid.*

⁽¹⁾ L. CONCEIRO, *Contra el tiempo. Filosofía práctica del instante*, Barcelona, Anagrama, 2016, 26 y 29.

mecánica, la máquina ⁽²⁾. El uso de la energía a través de las máquinas de vapor y la proliferación de equipos mecánicos en las áreas de producción permitió acelerar los tiempos de producción de mercancías al igual que el tiempo biológico comenzó a quedar desnaturalizado al dejar de depender de los límites biológicos del ser humano. Una realidad que, transformada en sistema fabril, fue calificada por Marx de «demoniaca», en la que «los obreros solo se coordinan como órganos inconscientes de aquél [el autómeta], quedando subordinados con estos a la fuerza motriz central». Un cambio que en modo alguno fue inmediato. Algunos historiadores han considerado que sus efectos no se sentirían claramente hasta 1830 o 1840, mientras que otros más categóricos argumentan que el proceso de cambio económico y social fue muy gradual, por lo que el término “revolución” resultaría inapropiado ⁽³⁾.

A finales del XIX se anunciaba el cambio de un nuevo paradigma tecnológico que tendría como elementos fundamentales la especialización funcional, la división del trabajo y la producción masiva y en serie. Los sistemas fordistas y de “organización científica del trabajo” en la cadena de montaje designaban un modelo tecnológico e institucional que sirvió para caracterizar a las principales economías capitalistas durante una gran parte de este siglo XX, a raíz de la implantación de los métodos de producción en serie en las industrias de montaje de rápida expansión, como la del automóvil. El elemento básico del sistema de producción era la división técnica avanzada del trabajo que imprimió a las industrias de producción el dinamismo característico que desembocó en el incremento masivo de su escala de operaciones y en una integración vertical progresiva. Condición indispensable para el funcionamiento eficaz del sistema era la normalización de producto final y la prolongación más dilatada posible de las series de producción. Pero los efectos de esta transformación se hicieron esperar: «se tardó casi cien años (desde 1870 hasta 1960) en

⁽²⁾ Considero imprescindible para la comprensión del referido período, la pequeña pero enjundiosa obra de T.S. ASTHON, *La revolución industrial*, México, FCE, 1979. En nuestro país, M. ALONSO OLEA, *La revolución industrial y la emergencia del Derecho del Trabajo*, RT, 1970, n.º. 32, 5-53.

⁽³⁾ H. BERG, P. MAXINE, *Rehabilitating the Industrial Revolution*. The Economic History Review, 1992, Vol. 45, n.º 1,45.

descubrir cómo organizar una economía para cosechar las ventajas de la nueva tecnología»⁽⁴⁾.

De forma cronológicamente coincidente con la consecución de sus efectivos logros, a mediados del XX, con el auge de dispositivos electrónicos, las tecnologías de información aplicadas al ámbito laboral y la implantación de líneas automatizadas de producción⁽⁵⁾, comenzó a forjarse un nuevo salto tecnológico. En el centro de dicho proceso de transformación tecnológica estrechamente relacionado con el desarrollo de la microelectrónica, a partir del descubrimiento sucesivo del transistor (1947), el circuito integrado (1957), el proceso planar (1959) y el microprocesador (1971). Las aplicaciones de microelectrónica e informática a la automatización industrial fueron múltiples, conformando un nuevo paradigma en el que la información jugó el mismo papel que la «energía en las dos primeras revoluciones tecnológico industriales». El referido modelo dio lugar a un nuevo sistema de producción flexible caracterizado por la *flexibilidad del producto*; la *flexibilidad de volumen* y la *flexibilidad de las líneas de producción*. Los efectos de esta trayectoria tecnológica se han integrado en nuestra sociedad de forma plena de manera que podría señalarse el inicio del siglo XXI como el momento álgido de esta transformación. El resultado de todo ello fue la “sociedad postindustrial”, la “sociedad del conocimiento”, la “sociedad de la información”.

Un efecto de la informatización ha sido la dispersión de los puestos de trabajo. En empresas completamente informatizadas, especialmente aquellas que no producen bienes materiales, ha dejado de resultar necesario mantener una sede centralizada. Es esta una forma de trabajo que, con unos matices u otros, se inscribe dentro de la denominada deslocalización empresarial, puesto que, en sus distintas y posibles vertientes, implica la prestación de la actividad laboral a distancia, bien desde el domicilio del trabajador, bien desde las llamadas “oficinas satélite”. El teletrabajo internacional ha permitido a las empresas crear

⁽⁴⁾ M. J. PIRE, C. SABEL, *La segunda ruptura industrial*, Madrid, Alianza Universidad, 1990, 74.

⁽⁵⁾ Es clásica la cita para la evaluación de los efectos de este período de J. RIFKIN, *El fin del trabajo. Nuevas tecnologías contra puestos de trabajo: el nacimiento de una nueva era*, Barcelona, Paidós, 1998, quien anunció «el declive de la fuerza de trabajo global».

un nuevo ámbito comercial que permite desarrollar el trabajo en los lugares más alejados y para las más diversas empresas. Esta nueva forma de migración virtual se sitúa dentro de los procesos de mundialización económica resultado de tales cambios.

El citado proceso puede situarse en el marco de las dos grandes globalizaciones. Por un lado, la emergencia de un mercado financiero global único que opera día y noche, un fenómeno que equivale, se ha dicho, al “fin de la geografía” ⁽⁶⁾, en el que la interdependencia del exterior es creciente y en el que comienzan a tambalearse las clásicas concepciones del Estado-Nación, iniciándose el “final de las naciones” ⁽⁷⁾. La deslocalización empresarial es su más singular efecto. Pero, por otra parte, la mayor globalización ha sido la que ha producido Internet, ese espacio total, “red de redes”, que nos permite viajar por el mundo del conocimiento y del espacio geográfico virtual, sin necesidad de desplazarnos. La presencia universal de internet supone la eliminación de muchas de las barreras al intercambio existente en los mercados tradicionales, permitiendo al mismo tiempo la reducción de intermediarios, de costes de transacción y ofreciendo facilidades a los consumidores en términos de inmediatez, información y comparación de la oferta.

En este momento se anuncia una cuarta revolución industrial, cuyo alcance será más rápido y más transformador que las que le han antecedido: un cambio radical que parece evidenciar un ir más allá de una mera “revolución”, la actual se anuncia como un verdadero cambio de paradigma. La noción del paradigma, propuesta por Kuhn, constituye una visión del mundo dependiente de las realidades, valores y creencias de cada época, apareciendo, así, como producto de nuestra evolución cultural y el cambio del mismo lleva consigo una crisis del sistema sobre el que el mismo se proyecta ⁽⁸⁾.

El actual cambio, revolución o como quiera que lo califiquemos, ha venido siendo considerado como una verdadera “disrupción”. El concepto de lo disruptivo merece nuestra atención. Schumpeter utilizó

⁽⁶⁾ En la imagen de R. O'BRIEN, *The End of Geography*, Londres, Routledge/RIIA, 1992.

⁽⁷⁾ J.M. GUEHENNO, *El fin de la democracia. La crisis política y las nuevas reglas del juego*, Barcelona, Paidós, 1995.

⁽⁸⁾ T.S. KUHN, *La estructura de las revoluciones científicas*, México, FCE, 1995, 13.

el término “destrucción creativa” ⁽⁹⁾ que representa la idea de que los sistemas progresan creando nuevas estructuras destruyendo las existentes. Este proceso permanente de innovación obedece a que la maquinaria del capitalismo no puede ser estacionaria, sino que como una mutación, revoluciona desde su mismo interior las viejas estructuras, creando otras nuevas de manera incesante. Otros señalan que lo disruptivo representa la actuación de la tecnología que viene a interrumpir el *statu quo*, a alterar la forma en que la gente vive y trabaja, reorganizar el valor y crear productos y servicios enteramente nuevos, pero también señalan que «la tecnología a menudo suplanta las viejas maneras de hacer las cosas» ⁽¹⁰⁾. Para el modelo de Christensen la tecnología disruptiva, más tarde renombrada “innovación disruptiva”, define un proceso por el cual una pequeña empresa se incorpora al mercado de productos más baratos e inferiores pero tecnológicamente avanzados. Las empresas establecidas prestan poca atención a la nueva entrante. Una vez que el participante ha establecido un punto de apoyo, las mejoras tecnológicas permiten mejorar sus productos manteniendo su ventaja de precio ⁽¹¹⁾. Lo disruptivo es, pues, la tecnología que altera el status quo existente e innova radicalmente la realidad productiva.

2. La desmaterialización de la empresa en la era digital

El conjunto de transformaciones que impulsa el cambio técnico viene a alterar la idea misma de empresa. Lo cierto es que desde hace unos años como consecuencia de procesos de diverso signo las empresas han entrado en un proceso de pulverización que ha venido a reformular el modelo clásico. La reformulación de la idea clásica de empresa fábrica se ha transformado en un nuevo proyecto empresarial, representado por una red. Las redes, se ha dicho, «son el elemento fundamental del que

⁽⁹⁾ J.A. SCHUMPETER, *Capitalismo, socialismo y democracia*, Barcelona, Folio, 1984, 117-124.

⁽¹⁰⁾ MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, *Disruptive Technologies: Advances that will transform Life, Business, and the Global Economy*, May, McKinsey & Company, 2013.

⁽¹¹⁾ C.M. CHRISTENSEN, *The Innovator's Dilemma*, Harvard Business School Press, Cambridge, 1997 y con R. McDONALD, ‘*What Is Disruptive Innovation?*’, Harvard Business Review, <https://hbr.org/2015/12/what-is-disruptive-innovation>.

están y estarán hechas las nuevas organizaciones ⁽¹²⁾». Pero este proceso de integración empresarial ha dado paso a nuevos modelos en el que lo intangible tiene un peso extraordinario. Estas nuevas tendencias suponen una oportunidad para fomentar nuevas formas de innovación dentro de las empresas y organizaciones, modificando y creando nuevos modelos de negocio, explotando más aun lo existente y explorando nuevos productos, mercados y tecnologías.

La agilidad y velocidad resultan fundamentales en el nuevo modelo tecnológico en el que nos encontramos. Los mercados globales requieren realidades dinámicas y con capacidad de permanente y flexible adaptación por lo que las organizaciones empresariales rígidas y adversas a los cambios de convierten en ineficientes y su destino es ser borradas del mercado. Lo que la empresa necesita es ser capaz de identificar y resolver rápidamente problemas y tener agilidad para cambiar rápidamente de dirección, es decir, combinar “el punto de vista técnico con el conocimiento del mercado”. Muestra de esta idea es la utilización intensiva de los medios electrónicos, puesta de manifiesto por las polémicas formas de e-business, que traen como consecuencia la deslocalización de las personas, la dispersión geográfica de las operaciones y la volatilización de la idea patrimonial de empresa. Este proceso de desmaterialización de la empresa ha ido acompañado de un paralelo proceso de valorización de otros componentes de la organización empresarial en el que cobran especial importancia los activos intangibles ⁽¹³⁾. El valor de la empresa se mide hoy no por los puros activos físicos sino por las ideas. Por eso se ha dicho que la nueva era «se presenta más inmaterial e intelectual» ⁽¹⁴⁾.

La Sentencia del Tribunal Superior de Justicia de Madrid de 29 de marzo de 2016 ⁽¹⁵⁾, es un buen ejemplo de la ingravidez empresarial. La misma da respuesta a un complejo problema en el que los nuevos modos empresariales se ponen claramente de manifiesto. Pegasus Solutions Spain y Utell Spain desarrollaban actividades propias de las

⁽¹²⁾ M. CASTELLS, *La era de la información. Economía, sociedad y cultura*, Madrid, Alianza Editorial, 1997, Vol. 1, 196.

⁽¹³⁾ Como puso de relieve en su día, A. DE LA PUEBLA PINILLA, *La empresa como objeto de transmisión en la nueva economía: aspectos laborales*, Aranzadi, Pamplona, 2005.

⁽¹⁴⁾ J. RIFKIN, *La era del acceso. La revolución de la nueva economía*, Barcelona, Paidós, 2000, 83.

⁽¹⁵⁾ STSJ Madrid 29 de marzo de 2016 (Rº 78/2016).

agencias de viajes mayoristas incluyendo la mediación en la venta de billetes o reservas de plaza de toda clase. Ambas entidades constituían una sola empresa real con centro de trabajo único en Madrid. La titularidad de tal empresa le correspondía a Pegasus Solutions Limited con sede en Reino Unido, socio único de ambas sociedades y titular del 100% del capital social. Las empresas llevaban la facturación a los clientes (hoteles) de España, Portugal, todos los países de Sudamérica y EE. UU. Las dos empresas españolas cesaron en su actividad permaneciendo inactivos los trabajadores mientras la actividad que desarrollaban se había decidido centralizarla a nivel mundial lo que conllevaba el cierre de oficinas en Madrid, como había ocurrido antes con las oficinas de Sao Paulo y Singapur. En un determinado momento, se apagaron los servidores sin que ninguno de los trabajadores pudiera, desde ese momento, tener acceso a los ordenadores al estar conectados todos a la red. El número de teléfono de cabecera de la oficina fue desviado a un número atendido por el call center de Jamaica. La dirección de cuentas de Europa se puso en contacto con los clientes para informarles que todas las cuentas se habían pasado a la empresa de Reino Unido (Pegasus Solutions Limited). El Tribunal Superior de Justicia de Madrid de 29 de marzo de 2016 considera indiscutible la existencia, en este caso, de un despido colectivo.

Otro ejemplo es la Sentencia del Tribunal Superior de Justicia de Asturias de 21 de marzo de 2017 ⁽¹⁶⁾. En ella se establece que un conjunto de aplicaciones y desarrollos informáticos constituye una unidad productiva autónoma a los efectos de aplicar el art. 44 ET. La misma reconoce la existencia de una unidad productiva autónoma a partir de un conjunto ordenado de aplicaciones informáticas (software), bases de datos y ficheros, conceptuando su transmisión como una sucesión de empresas a efectos laborales y poniendo de manifiesto la primacía de los medios informáticos sobre los elementos personales, u otros elementos materiales, tales como instalaciones o hardware y todo ello sobre la base de «la relevancia y preponderancia de las ya conocidas aplicaciones informáticas sobre el elemento personal, y la imprescindibilidad de aquéllas para poder continuar el servicio».

⁽¹⁶⁾ STSJ Asturias 21 de marzo de 2017 (R^o 6/2017).

Otro factor vinculado al cambio de la empresa tradicional es el desarrollo del comercio electrónico ⁽¹⁷⁾. El mismo está teniendo un fuerte impacto ya que ha modificado y modificará más aún los modelos de negocio actuales y futuros. La logística con respecto a las tiendas online, tanto pequeñas como grandes, adquiere un valor fundamental como estrategia de negocio, configurándose como un proceso clave, especialmente en la venta de productos intangibles, cuando hasta ahora no lo era. Surge como respuesta a la era digital el incremento de la expansión de la e-logística en relación a estos temas, que perfecciona el negocio a medida que la tecnología avanza. De ahí la revolución que están suponiendo los sistemas integrales de logística, simplificando la gestión de stocks, entregas o devoluciones, sin tener que salir del establecimiento.

En fin, la transformación del modelo clásico de empresa se pone también de manifiesto en la forma de nacimiento y desarrollo de la nueva empresa: el surgimiento de las Startups Digitales. Las mismas buscan la creación de valor diferencial en sectores altamente regulados, con modelos de negocio de efectos disruptivos y con un directo beneficio para consumidores y usuarios. Esta disrupción conlleva tensiones en los marcos normativos existentes ⁽¹⁸⁾. Las startups definen una realidad creciente en un entorno lleno de innovación, en cuyo ecosistema es clave la ejecución y ganar visibilidad para captar inversores, clientes y socios comerciales.

El resultado de todo ello es un proceso de permanente deconstrucción de la empresa tradicional y de progresiva creación de la empresa digital. La desmaterialización de la economía resulta hoy un fenómeno masivo, de forma que la inversión inmaterial crece más rápidamente que la inversión física. Este es un fenómeno que afecta no sólo a empresas de nueva creación que se constituyen conforme a estos nuevos modos de actuación y de actividad sino también a empresas de corte tradicional que han apostado por el empleo de medios de distribución y comercialización a través de redes informáticas.

⁽¹⁷⁾ Sobre los efectos del desarrollo del comercio electrónico en nuestro país, vid. CES, *Nuevos hábitos de consumo, cambios sociales y tecnológicos*, Madrid, CES, 2017.

⁽¹⁸⁾ Como anuncia la Exposición de Motivos de la Proposición no de Ley presentada por el Grupo Parlamentario Socialista, *sobre la promoción, facilitación y desarrollo de Startups Digitales en España* (BOCG, 7-10-2016).

Lo cierto es que la empresa, como la propia economía, deviene ingrátida e intangible y se convierte en virtual ⁽¹⁹⁾, hasta el punto de que, desde hace años, se viene hablando del adiós a la empresa ⁽²⁰⁾. Como dijo Bill Gates: «La banca existirá siempre, los bancos no». La banca es el negocio y los bancos las empresas.

3. El empresario algorítmico: trabajo y “*platform economy*”

El anterior proceso de transformación de las formas empresariales encuentra un espacio singular en el ámbito de la “*on-demand economy*”. La misma posee una amplia definición (*rental platforms*, *craft platforms* o *financing platforms*), pero son las plataformas “*gig*” las que concentran el interés en materia laboral al permitir a los proveedores individuales proporcionar sus servicios. La que se ha denominado también “*Uber economy*” se basa en plataformas virtuales – páginas web o *apps* – cuyo objetivo declarado es el contacto directo entre clientes y prestadores de servicio. Un contacto en el que, se ha dicho, «todo el mundo sale ganando» ⁽²¹⁾, al nacer al mundo económico nuevos servicios que antes no existían y al hacerlo en unos términos más ventajosos y competitivos hacen, también, emerger nuevos consumidores.

Este modelo de negocio se instala en sectores tradicionales de actividad sólidamente consolidados (transporte, limpieza, delivery, etc.) pero transforma de manera radical sus formas y modos de actividad ⁽²²⁾. El desarrollo técnico permite una conexión más fluida y transparente a

⁽¹⁹⁾ F. CUESTA FERNÁNDEZ, *La empresa virtual*, MacGraw-Hill de Management, 1999.

⁽²⁰⁾ J.F. PEREZ ORIVE, *Un adiós a la empresa*, Barcelona, Pirámide, 2003.

⁽²¹⁾ J. TIROLE, *La economía del bien común*, Barcelona, Taurus, 2017, 443-444.

⁽²²⁾ A. TODOLÌ, *El impacto de la “Uber economy” en las relaciones laborales: los efectos de las plataformas virtuales en el contrato de trabajo*, IUSLabor, 3/2015, 6-8, caracteriza el modelo de negocio de estas nuevas empresas por los siguientes datos característicos: (i) Menor dependencia y evaluación por el cliente. Este nuevo tipo de empresas no van a necesitar dirigir y supervisar el trabajo realizado. Las empresas, a través de la tecnología, confían en las evaluaciones realizadas por sus clientes. (ii) Economías de escala o necesidad de una masa crítica. El negocio se basa principalmente en acumular una gran cantidad de prestadores de servicios y de usuarios. (iii) Negocio global. Una vez creada la plataforma, expandirla por todo el mundo tiene relativamente poco coste. (iv) Algo más que una base de datos.

través de modos de pago automático, la trazabilidad de todas las fases de prestación de los servicios, o, en fin, la tarificación de los servicios en función de las puntas de demanda. Pero este conjunto de transformaciones tiene un profundo efecto en la forma de prestar los servicios. Las formas tradicionales y los conceptos que han sustentado la idea de trabajo se ponen en cuestión.

La tipología de las plataformas profesionales es plural. En ella podemos encontrar aquellas en las que los prestadores de servicios están sujetos a las normas que se fijan por parte de la propia plataforma (la plataforma determina la manera de trabajar, fija los precios y asume el riesgo y ventura del negocio), otras plataformas en las que los prestadores de servicios no están sujetos a normas y éstas se limitan a poner en contacto a particulares o profesionales con usuarios finales en ellas; los prestadores del servicio, ya sean habituales u ocasionales, acceden a la plataforma para ofrecer sus servicios y contactar con posibles usuarios o clientes; también encontramos plataformas que se limitan a poner en contacto a usuarios con el fin de abaratar costes y compartir gastos o, en fin, plataformas que favorecen los trabajos de amistad, benevolencia o buena vecindad o sirven de intermediarias para el ejercicio de voluntariado. La calificación de estas relaciones de prestación es sumamente diferente en todos estos casos.

Varias son las singularidades que hacen de estas plataformas una realidad propia y separada de las formas clásicas de prestación de servicios ⁽²³⁾.

En primer lugar, las plataformas informáticas basan su actuación en algoritmos y, a través de los cuales se efectúan asignaciones de actividades a los profesionales incluidos dentro de la plataforma ⁽²⁴⁾. El programa se encarga de elaborar una planificación perfecta que permite la asignación más eficiente de los recursos disponibles. En otras palabras, el sistema informático es el que procede a la asignación de tareas asignando el servicio al profesional que en cada momento concreto reúna los requerimientos profesionales y geográficos mejor

⁽²³⁾ Ampliamente, sobre estas cuestiones, J.R. MERCADER UGUINA, *El nuevo modelo de trabajo autónomo en la prestación de servicios a través de plataformas digitales*, Diario La Ley, Sección Ciberderecho, 11 de Julio de 2017.

⁽²⁴⁾ M. KYUNG LEE, D. KUSBIT, E. METSKY, L. DABBISH, *Working with Machines: The Impact of Algorithmic and Data-Driven Management on Human Workers*, <http://www.cs.cmu.edu>.

adaptados a las necesidades del cliente. El algoritmo es, pues, quien en última instancia, efectúa al ajuste de la oferta y demanda de trabajo.

Un segundo factor diferencial de la actividad de estas plataformas es la transparencia de sus operaciones en la medida en que toda la información relacionada con cada transacción queda registrada. El objeto, el pago o los intervinientes se encuentran precisamente determinados lo que asegura que las transacciones sean transparentes. De este modo, se garantiza la visibilidad de la actividad económica y productiva y la mejora de los procesos de recaudación y control administrativo a efectos fiscales y de Seguridad Social. En esta línea se sitúa el Parlamento Europeo en su informe *The Situation of Workers in The Collaborative Economy* en el que se subraya, que «el intercambio de información con plataformas permite determinar los ingresos de los trabajadores y así mejorar la declaración de impuestos. Las plataformas podrían asimismo facilitar un resumen anual de ingresos a efectos de declaración de la renta».

Un tercer rasgo caracterizador de la prestación de servicios en estas plataformas es el de la plena voluntariedad en el tiempo y lugar de prestación de servicios. Muchas de estas plataformas actúan a través de un sistema de tablón de tal manera que la plataforma expone el servicio de reparto ofertado y los repartidores compiten en la opción de aceptar dicho servicio. El precio del servicio puede ser establecido en función de la distancia a recorrer, o determinado por subasta on line de oferta de prestación de servicio por parte de los repartidores. En todo caso, la decisión de prestar el servicio depende en exclusiva del prestador que valorará, según sus especiales circunstancias, si desea o no prestar actividad en un determinado momento.

No se trata, por tanto, de una prestación dependiente sino, antes al contrario, enteramente independiente en la que el profesional decide libremente prestar sus servicios en aquellos momentos que considere oportuno. Esta fórmula otorga una enorme libertad a las partes contratantes y, especialmente, al profesional que no subordina en momento alguno su prestación a las especiales condiciones que le vengan impuestas desde la plataforma. No es extraño que la imaginación doctrinal haya hipotetizado la configuración de una nueva tipología de trabajo, por así decir intermedia entre el trabajo autónomo y el trabajo subordinado (el *trabajo coordinado*), en la que hacer confluir aquellas prestaciones que, hasta hoy, han sido consideradas como subordinadas pero en las que la subordinación tiende a

desvanecerse por efecto de las modificaciones producidas en la organización del trabajo o como consecuencia de innovaciones tecnológicas en los procesos productivos.

Un cuarto rasgo caracterizador es la concentración de la actividad en el desarrollo de “microtarefas” ⁽²⁵⁾ o nanoservicios. Constituye éste otro factor caracterizador del desarrollo de las actividades profesionales en la medida en que dichas prestaciones se concentran en tiempos muy limitados y que, por tanto, dan lugar a micropagos.

Finalmente, la actividad económica auspiciada a través de las plataformas tiene como elemento definitorio la trazabilidad. El alto nivel de confianza que se genera entre los usuarios que proveen servicios y quienes los reciben se debe en gran medida a cuestiones como la verificación de identidades y los sistemas de reputación y evaluación. Estos añaden una información que favorece un entorno con más garantías para los consumidores. Como se ha dicho, ciertamente, la reputación colectiva de la empresa con el control concomitante del comportamiento de sus asalariados deja paso a la reputación individual. En efecto, entre las singularidades que ofrecen estas fórmulas se encuentra el establecimiento de sistemas para garantizar la confianza en los prestadores de servicios a través de la valoración de los usuarios. Es una práctica generalizada en todas estas plataformas la existencia de sistemas de evaluación de las tareas. En el caso de Uber ⁽²⁶⁾, después de cada viaje, a los pasajeros y los conductores se les da la oportunidad de evaluarse el uno al otro en base a su experiencia durante el viaje. El sistema de clasificación funciona para asegurarse de que los pasajeros y los conductores más respetuosos están utilizando Uber. Las calificaciones siempre se presentan como promedios, y ni los pasajeros ni los conductores verán la calificación individual que se deja durante un viaje en particular.

Esta nueva realidad viene a constatar la necesidad de adaptar los modelos de prestación de servicios vigentes (régimen de autónomos, regímenes especiales) a esta nueva y pujante realidad de intermediación y prestación de servicios a través de plataformas digitales a la vez que contribuye a definir nuevos modos empresariales radicalmente distintos

⁽²⁵⁾ V. DE STEFANO, *The rise of the «just-in-time workforce»: On-demand work, crowdwork and labour protection in the «gig-economy»*, Conditions of Work and Employment Series nº 71, International Labour Organization, 2016, 2.

⁽²⁶⁾ www.help.uber.com.

de los conocidos hasta ahora. Un nuevo paso en la anunciada disrupción digital.

4. La tecnología y la consolidación de la empresa “panóptica”

Los cambios tecnológicos no solo están incidiendo en la creación y reformulación de las formas tradicionales del trabajo por cuenta ajena sino que poseen una incidencia real e inmediata en el desarrollo de la actividad laboral de nuestros días y contribuyen también al uso de herramientas jurídicas adaptadas a las situaciones de conflicto sobre las que se proyectan. Ciertamente, la idea de la empresa panóptica se hace cada vez más fuerte y los mecanismos de control y seguimiento empresarial adquieren nuevos contenidos y también nuevas dimensiones ⁽²⁷⁾. El Panóptico es el teatro en el que se representa la “ilusión de la vigilancia permanente”, en el que los vigilados – los prisioneros en el diseño arquitectónico trazado por el utilitarista inglés – «no están realmente bajo una vigilancia constante sino que simplemente piensan o imaginan que lo están». En palabras de Foucault, la idea de Bentham consistía en una «tecnología política» que induce al sujeto a un «estado de conciencia y visibilidad permanente que aseguran el funcionamiento automático del poder» ⁽²⁸⁾.

La incorporación de técnicas de control tecnológicamente avanzadas convierten esta sociedad en una nueva sociedad transparente que no puede prescindir de un trabajo, también, “transparente”. La sombra del Big Brother orwelliano de su 1984 ha sido vista cerniéndose amenazadora sobre nuestra sociedad tecnologizada; un mundo que hasta hace bien poco moraba, tan sólo, en el onírico entorno de la imaginación literaria. El control a través de sistemas de videovigilancia, microfónicos y telefónicos, el rastreo a través de sistemas de

⁽²⁷⁾ La concepción panóptica de la empresa se apunta en el trabajo de R. WHITAKER, *El fin de la privacidad. Cómo la vigilancia total se está convirtiendo en realidad*, Barcelona, Paidós, 1999. Su proyección en la realidad laboral puede verse en J.R. MERCADER UGUINA, *Derechos fundamentales de los trabajadores y nuevas tecnologías: ¿hacia una empresa panóptica?*, RL, 2001, nº 10, 11-31.

Las citas de J. BENTHAM, *El panóptico*, Madrid, Eudymion, 1989 y M. FOUCAULT, *Vigilar y castigar: nacimiento de la prisión*, Madrid, Siglo XXI, 1998.

⁽²⁸⁾ Las citas de J. BENTHAM, *El panóptico*, Madrid, Eudymion, 1989 y M. FOUCAULT, *Vigilar y castigar: nacimiento de la prisión*, Madrid, Siglo XXI, 1998.

geolocalización; los controles biométricos; el control informático de los niveles de productividad de los trabajadores en tiempo real; el seguimiento de los correos electrónicos y de las navegaciones por internet; el impacto de las redes sociales o, en fin, la enorme proyección que sobre lo laboral comienzan a tener las técnicas del Big Data, conforman una realidad en permanente transformación en la que la vigilancia empresarial se ha convertido en algo más impersonal, pero no por ello menos invasivo ⁽²⁹⁾.

En este contexto, el debate sobre la dignidad personal y los derechos de la persona alcanza un lugar fundamental en la medida en que se convierten en el contrapeso necesario de un escenario tan limitativo de la autonomía de la persona. Esta nueva dimensión se conecta con el proceso de individualización que vive nuestro sistema de relaciones laborales. La función del contrato de trabajo observa, en los últimos tiempos, un resurgimiento sobre nuevos fundamentos quizá menos ajustados a los modos tradicionales de concebir la actuación de la autonomía de la voluntad en este sector del ordenamiento jurídico. Este proceso representa «una revalorización del perfil subjetivo en el contrato de trabajo» ⁽³⁰⁾, que conecta de forma directa e inmediata con la revalorización de los derechos fundamentales en su seno. La transformación tecnológica tiene como una de sus consecuencias el acentuar la importancia de los derechos personalísimos en la esfera individual.

Estas nuevas realidades obligan a un permanente equilibrio entre los derechos fundamentales en juego. De este modo, cuando nos preguntamos por el alcance de los derechos fundamentales en la relación de trabajo, nos estamos refiriendo a una permanente y continua confrontación entre los derechos fundamentales de alcance laboral (intimidad, secreto de las comunicaciones y protección de datos) y el derecho a la libertad de empresa. La anterior idea lleva, descartando jerarquías formales, a buscar, necesariamente, un ajuste material entre los derechos fundamentales del trabajador y la libertad de empresa, lo

⁽²⁹⁾ F.J. CAVICO, *Invasion of privacy in the private employment sector: tortious and ethical aspects*. Houston Law Review, 1993, v. 30, 1263-1346, espec. 1284-1292, que realiza una sugerente reflexión sobre los fundamentos kantianos y utilitaristas que sirven de base a los razonamientos en esta materia.

⁽³⁰⁾ G. VARDARO, *Tecnica, tecnologia e ideologia della tecnica nel Diritto del Lavoro*, PD, 1986, n° 1, 124.

que impone un intento de conciliar prácticamente el principio de adecuación de los derechos fundamentales a los fines prefijados constitucionalmente con una interpretación abierta de tales fines que permita su adaptación a las particulares circunstancias derivadas de la dinámica social. La técnica para alcanzar dicho resultado viene de la mano del principio de proporcionalidad.

En todo caso, no solo son la intimidad o el secreto de las comunicaciones los valores constitucionales en juego. El fenómeno del internet de las cosas, el cloud computing o el big data son tecnologías disruptivas, que están revolucionando la forma en la que funciona nuestro mundo. Y con estas tecnologías, los datos se convierten en el activo máspreciado. El big data es el conjunto de tecnologías que permiten tratar cantidades masivas de datos provenientes de fuentes dispares, con el objetivo de poder otorgarles una utilidad que proporcione valor. Existen características de la relación laboral que dan trascendencia al tratamiento de datos y que convierten a la misma en especialmente sensible a los peligros derivados de la informática: su perdurabilidad, que hace importante la conservación de datos; su carácter personal, que hace más complejo el tipo de datos a considerar; la diversidad de escenarios para los que pueden ser relevantes; y, en fin, el número de trabajadores tan elevado a los que se requiere información. El reciente Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos) pone de manifiesto esta realidad.

Por otro lado, esta nueva realidad exige nuevos sistemas de representación: redes de información sindical o periódicos electrónicos. La “nueva cultura ciudadana de la comunicación” deberá extender al ámbito sindical los telerreferendums, telerreuniones, teleasambleas, teletablers, aplicaciones de la tecnología corriente que deben ser derivadas hacia la acción sindical y utilización plena de los derechos de información de los trabajadores. Como han recordado varios pronunciamientos judiciales, «la introducción en las empresas de medios de comunicación electrónicos en paralelo a los tradicionales o en sustitución de los mismos ha derivado en frecuentes litigios sobre los derechos de los trabajadores en tales nuevos contextos de organización. Las primeras respuestas judiciales a tales conflictos

mostraron cierta incertidumbre en cuanto al conocimiento del verdadero alcance de las modificaciones que esa nueva forma de relación produce en el entorno laboral»⁽³¹⁾. En la actualidad, tras la doctrina fijada por el Tribunal Constitucional, se han asentado unos principios básicos en esta materia que «se fundamentan en la ponderación del reconocimiento del derecho a la acción sindical en el entorno de comunicación electrónica, pero siempre ponderando los intereses en juego con los que exige la organización empresarial y el coste que el ejercicio de dicho derecho puede tener para la empresa».

El derecho fundamental de huelga también queda sujeto a restricciones tecnológicas. Como decía Sun Tzu: «El arte de la guerra no tiene una forma constante, lo mismo que el agua no tiene contornos». La relativa independencia, en determinados sectores industriales y de servicios, del funcionamiento del proceso productivo respecto del trabajo de una parte significativa de la plantilla, permite que muy pocos trabajadores puedan poner en marcha la producción con independencia de la mayoría de la plantilla de la empresa. Nuevas formas de “esquirolaje virtual” están en camino: huelgas en retransmisiones televisivas, en programas radiofónicos en los que se utilizan grabaciones efectuadas con anterioridad y son transmitidas sin intervención de persona alguna, o en huelgas de teletrabajadores, pudieran ser un buen caldo de cultivo. En suma, las máquinas no pueden ser convencidas para que se adhieran a una huelga. Pero, si cambian las formas de conflicto empresarial, también lo hacen las utilizadas por los trabajadores. Hace unos años, durante las negociaciones para la renovación del convenio colectivo interno de IBM Italia decidió organizar la primera protesta virtual de la historia en Second Life, con la ayuda de UNI. Ya no es infrecuente el uso de “youtube” para las reivindicaciones laborales.

5. La empresa robot

5.1. El creciente protagonismo de la robótica

El creciente protagonismo de la robótica es un hecho que abre un sinfín de dudas e interrogantes que afectan a múltiples aspectos jurídicos, algunos de los cuales poseen una indudable proyección en el campo laboral. Pero, como decíamos en líneas anteriores, la incorporación de

⁽³¹⁾ Como resume la SAN de 10 de octubre de 2014 (Rº 207/2014).

los robots a la dinámica de las empresas no es, ni mucho menos, nueva. La sustitución de trabajadores por sistemas tecnológicos avanzados y robots cuenta con numerosos ejemplos en la doctrina de nuestros tribunales y se sitúa dentro del más amplio debate que abordaremos en las próximas páginas de su impacto sobre el empleo.

Noticias tales como «Un robot opera sin doctor (Los artífices de este nuevo robot consideran que al eliminar la intervención humana de la ecuación quirúrgica, se reducen las complicaciones y mejora la seguridad y eficacia de las intervenciones de tejidos blandos)»; «Robots colaborativos, nuestros nuevos compañeros»; «Un robot mata a un trabajador en una planta de Volkswagen en Alemania», unidas a preguntas como: ¿equivale la agresión a un robot a la realizada a un compañero de trabajo?; «¿tendremos jefes robots?»; «¿los Directores de Recursos Humanos seremos gestores de robots?», ponen sobre la mesa un futuro incierto y que requiere de una profunda reflexión.

El desarrollo de la robótica está poniendo sobre la mesa importantes problemas que se ligan con las complejas consecuencias que plantean en materia de responsabilidad. Muestra de ello es la Propuesta de resolución de la Comisión de Asuntos Jurídicos del Parlamento Europeo con recomendaciones para que la Comisión Europea establezca una normativa de Derecho Civil a los diferentes tipos de robots que ya son una realidad, desde drones hasta robots asistenciales, médicos y vehículos autónomos, y los que se desarrollen en el futuro⁽³²⁾. En su exposición de motivos, la ponencia toma en consideración que «entre las cuestiones que suscitan preocupación, se halla también la de la seguridad física, en caso, por ejemplo, de que la programación de un robot falle, así como la de las posibles consecuencias de un fallo del sistema o de ataques informáticos contra robots interconectados y sistemas robóticos en un momento en el que empiezan a usarse, o están a punto de usarse, aplicaciones cada vez más autónomas, ya sea en relación con automóviles y drones, robots asistenciales o robots utilizados a fines policiales y de mantenimiento del orden público». En el nivel actual de desarrollo de los diferentes tipos de robots, resulta procedente, en opinión de los juristas del Parlamento, «empezar por las cuestiones de responsabilidad civil». En la propuesta presentada, se aboga por crear una personalidad jurídica específica para los robots, de

⁽³²⁾ Proyecto de Informe con recomendaciones destinadas a la Comisión sobre normas de Derecho civil sobre robótica (2015/2103(INL)).

modo que al menos los robots autónomos más complejos «puedan ser considerados personas electrónicas con derechos y obligaciones específicos, incluida la obligación de reparar los daños que puedan causar».

A los anteriores se unen cuestiones tales como las obligaciones de los trabajadores respecto de los robots humanoides y las posibles sanciones en caso de agresión o destrucción, la posibilidad de atribuir derechos o incluso personalidad a entidades que no son humanas en ciertos casos, lo que nos llevaría a una reformulación y adaptación de ideas como la de la personalidad jurídica y la propia idea de autonomía.

En los últimos años se viene desarrollando también lo que se ha denominado la fiebre del oro para la inteligencia artificial y que tiene su más clara representación en los vehículos autónomos. Google ha estado trabajando en su proyecto de auto-conducción desde 2009, que está dirigido a desarrollar un vehículo totalmente autónomo. Actualmente está llevando a cabo pruebas en carretera en California y Texas utilizando tanto vehículos convencionales modificados como Prototipos específicos. A finales de 2015, sus vehículos de prueba habían recorrido más de 1,3 millones millas en modo autónomo. Todos los vehículos tienen un conductor a bordo que reanuda el control del vehículo como sea necesario ⁽³³⁾. Los vehículos Tesla son más conocidos por sus motores eléctricos y tecnología de baterías, pero también incluyen una función de “piloto automático”, que semi-automatiza la tarea de conducción bajo condiciones de la carretera. Permite que el vehículo guíe dentro de su carril, cambie de carril cuando el indicador se presiona y mantiene la velocidad usando el control de crucero activo ⁽³⁴⁾.

Volvo también está desarrollando camiones sin conductor en el marco del proyecto SARTRE de la Unión Europea (trenes de carreteras seguros para el medio ambiente). Este sistema de piloto de autovía revalorizará de manera significativa el perfil profesional de los conductores. Les evitará la realización de tareas monótonas y les ofrecerá más tiempo para llevar a cabo tareas que antes eran realizadas por los oficinistas de las compañías de transporte. Es decir, «los conductores podrán acceder a nuevos cargos de gestores de transporte, lo que hará más atractiva su profesión. De esta manera, la conducción

⁽³³⁾ <https://www.google.com/selfdrivingcar>.

⁽³⁴⁾ https://www.teslamotors.com/en_AU/blog

autónoma podría contribuir a solucionar la carencia de conductores de camiones»⁽³⁵⁾.

5.2. La empresa sin trabajadores: los posibles efectos de la empresa robótica sobre el empleo

El 10 de junio de 1930, J.M. Keynes dictó en la Residencia de Estudiantes de Madrid la conferencia: “*Posible situación económica de nuestros nietos*”: Predijo que, como consecuencia del incremento de la productividad, nuestra jornada laboral no se extendería más allá de las 15 horas semanales a partir de 2030: se abriría así un período de felicidad para los seres humanos. En 2030, «cada trabajador dispondría de maquinaria suficiente como para hacer de él un superhombre en comparación con su abuelo cien años antes». Un mundo con menos horas de trabajo laboral, con predominio del tiempo libre creativo y sin diferencias en la distribución de la renta. Este sueño del capitalismo reformado no contaba con el crecimiento exponencial de la robótica que se vive en nuestros días.

La anterior dinámica ha generado dos líneas de pensamiento. En un primer grupo se encontrarían los tecno-optimistas que considerarían la robotización como un “gran bluff”⁽³⁶⁾. Para ellos, el resultado neto entre destrucción de empleo y creación de nuevos empleos de las tres revoluciones industriales pasadas es que al tiempo que creció la productividad creció el empleo. La mecanización de la agricultura expulsó a millones de trabajadores del campo, que encontraron trabajo en la industria y en los servicios y ello no supuso un aumento del paro en el largo plazo salvo en coyunturas espaciales y temporales concretas. Más aún, «en las primeras fases de la industrialización los trabajadores trabajaban muchas más horas, producían mucho menos y percibían salarios más bajos que en la actualidad». En resumen, «el incremento de la productividad derivado del cambio tecnológico permite trabajar

⁽³⁵⁾ H. VON ROHLAND, *El futuro del trabajo. De camionero a gestor del transporte*, Trabajo. La Revista de la OIT, 2015, 9.

⁽³⁶⁾ En la calificación de L. TORRENS, E. GONZALEZ DE MOLINA, *La garantía del tiempo libre: desempleo, robotización y reducción de la jornada laboral*, en <http://www.sinpermiso.info/>. También se refiere a los tecnooptimistas, A. ORTEGA, *La imparable marcha de los robots*, cit., 115.

menos, producir más, generar más demanda y, por tanto, requerir más puestos de trabajo, aunque dichos puestos pueden representar menos horas de trabajo por trabajador, recibiendo sin embargo una mayor remuneración en base al reparto de incrementos de la productividad»⁽³⁷⁾.

Pero un segundo grupo lo integrarían los tecno-pesimistas, para quienes si bien históricamente la incorporación de la máquina ha sustituido más que destruido el empleo, el cambio al que nos enfrentamos esta vez sí va en serio y puede producir una destrucción masiva de puestos de trabajo. Autores tan relevantes como Jeremy Rifkin dan cifras escalofriantes: están en riesgo 90 de 124 millones de empleos a escala global; el desempleo tecnológico en los países industrializados podría llegar hasta el 75%. Otros informes también se sitúan en esta línea, en algunas industrias llegarán hasta un 40% de robotización. Se ganará en productividad de manera impresionante y el concepto de competitividad cambiará. El Premio Nobel de Economía Vassily Leontief afirmó antes de que comenzará esta cuarta revolución industrial que «el papel de los seres humanos como factores más importantes de la producción queda disminuido de la misma forma que inicialmente el papel de los caballos en la industria agrícola, para luego ser eliminados por la introducción de los tractores».

Seamos tecno-pesimistas o tecno-optimistas lo cierto es que no hablamos de ciencia ficción. Las soluciones para abordar estas nuevas necesidades pueden ser múltiples pero para plantear respuestas efectivas es necesario partir de una visión real de la situación⁽³⁸⁾.

En relación con el mercado de trabajo, se vierten con cierto desenfado algunas afirmaciones cuestionables: «El progreso tecnológico destruye empleo, si las máquinas hacen el trabajo, habrá menos trabajadores ocupados» por lo que «solo reduciendo la jornada de trabajo, mejorarán las oportunidades de empleo de los parados». Detrás de las anteriores afirmaciones está la denominada falacia de la cantidad fija de trabajo (*lump of labour fallacy*). La idea de que la cantidad de trabajo está

⁽³⁷⁾ M. CASTELLS, *Nuevas tecnologías, economía y sociedad*, Madrid, UAM, 1988, 60-61.

⁽³⁸⁾ Para una amplia reflexión sobre estos problemas me remito a mi estudio, J.R. MERCADER UGUINA, *El futuro del trabajo en la era de la digitalización y la robótica*, Valencia, Tirant lo Blanch, 2017. También, *La robotización y el futuro del Derecho del Trabajo*, Trabajo y Derecho, 2017, 27, 13-24.

determinada exógenamente constituye una de las falacias más conocidas en Economía y, sin embargo, más repetidas en muchas de las propuestas de políticas de empleo. El error es creer que la cantidad de trabajo es fija, como un pastel y que, por tanto, de lo que se trata es de repartir bien el pastel para que haya para todos ⁽³⁹⁾. El error estriba en que no hay tal cosa como una cantidad de trabajo establecida de antemano y los empleos son creados por la inversión en función de la productividad. Si fuera así, bastaría con reducir por ley las horas de trabajo para acabar totalmente con el paro. Visto que el reparto del empleo no es una solución, se hace necesario comenzar a construir y a reflexionar sobre nuevas ideas para el caso de que la profecía de Keynes cobrará definitivamente vida.

El diario *El País* del día 17 de octubre de 2016, nos sorprendía en su página 47 con un titular inquietante pero enormemente sugerente: «¿Tienen que cotizar los robots a la Seguridad Social?». La pregunta es inteligente por dos motivos. Por un lado, pone sobre la mesa un camino de salida a la crisis de nuestro sistema de Seguridad Social, por otro, plantea la forma y modo de reparto de los beneficios potenciales que pueden producir los incrementos espectaculares de productividad y riqueza que puede generar en el futuro próximo la revolución robótica. Pero si los robots crean los problemas, ¿podrían ayudar a resolverlos?

Se hace necesario, por lo tanto, comenzar a construir y a reflexionar sobre posibles soluciones para el caso de que la profecía de Keynes cobrara definitivamente vida. Algunos pueden ver aquí el triunfo de quienes han predicado los males del trabajo y han alentado a su definitiva y total abolición. Pero si los robots terminan por eliminar la necesidad de trabajo humano en grandes masas de población ello llevaría consigo un nuevo “darwinismo” que nos obligaría, esta vez, a atender a las necesidades de subsistencia para ese creciente y progresivo volumen de población que se verá excluida de los mucho más selectivos mercados de trabajo. Por ello, es necesario afrontar algunos desafíos, entre ellos, uno de los más importantes es el de pensar en cuáles deben ser las políticas públicas más adecuadas para que este mayor bienestar llegue a todas las personas y evite una mayor

⁽³⁹⁾ P. SCHWARTZ. *Las reducciones forzadas de la oferta de mano de obra para combatir el paro*, Cuadernos de Ciencias Económicas y Empresariales, 1979, 5, 199-230. En el blog “*Nada es gratis*” la entrada, *Aprendiendo a sumar (I): La falacia de la cantidad fija de trabajo*.

desigualdad. El reto es gobernar la transformación tecnológica y digital, con niveles reducidos de desigualdad y de tasa de desempleo.

Martin Ford, uno de los teóricos más influyentes en la literatura sobre robótica de los últimos años se plantea en su obra, *El auge de los robots* (⁴⁰), un nuevo paradigma económico para esta nueva era. En él sitúa la necesidad de costear una renta básica que evitara las posibles desigualdades sociales de la nueva sociedad que está naciendo. El establecimiento de una renta básica, “subsidio universal” o incluso “ingreso de ciudadanía”, supondría garantizar a todas las personas, de forma automática e incondicionada, un ingreso periódico de subsistencia (⁴¹).

Las justificaciones que se han buscado a la necesidad de implantar este tipo de ingresos básicos se sitúan en la obligación de toda sociedad de asegurar a todos la satisfacción de las “necesidades esenciales” en nombre de la dignidad y de la condición de ciudadanos de los beneficiarios. Sin embargo, los programas de rentas mínimas han sido duramente criticados, pues se consideran instrumentos que pueden subvencionar la ociosidad. El reciente referéndum planteado en Suiza ha puesto sobre la mesa esta cuestión pero, en una sociedad en las que las máquinas asegurarían elevados índices de productividad, ¿sería eso un problema?

Es posible también imaginar un “*dividendo robot*” (⁴²) que permita retornar a la sociedad al menos una parte de los beneficios financieros que generen a través de fórmulas distintas. Bill Gates ha manifestado su opinión favorable al establecimiento de un impuesto para los robots que sustituyan el trabajo humano. No obstante, el Parlamento Europeo, en su Resolución de 16 de febrero de 2017, ha rechazado dicha posibilidad. Pero caben otras: el estado de Alaska ofrece una solución a

(⁴⁰) M. FORD, *El auge de los robots*, Barcelona, Paidós, 2016, 252-253.

(⁴¹) La literatura sobre esta materia es muy amplia y pueden encontrarse en internet reflexiones de gran interés. Magnífico ejemplo es el trabajo de J. GIMENO ULLASTES, *Aproximación a una Renta Básica Sostenible* [en http://www5.uva.es/jec14/comunica/A_EByRB/A_EByRB_9.pdf]. Las bases para tener una conciencia precisa de esta cuestión pueden hallarse en el libro clásico de D. RAVENTOS, *El derecho a la existencia, Una propuesta del subsidio universal garantizado*, Ariel, 1999.

(⁴²) E. BRYNJOLFSSON, A. MCAFEE, *Will Humans Go the Way of Horses?, Labor in the Second Machine Age*. <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-06-16/will-humans-go-way-horses>.

través del Alaska Permanent Fund; una parte de los ingresos del petróleo del Estado se deposita en el fondo y, cada mes de octubre, se reparte un dividendo que se le da a cada residente elegible ⁽⁴³⁾. Esta solución es fruto de la acción humana a través de una decisión democrática. Todo ello pone de manifiesto que cuanto mayor y más complejo resulte el edificio de la civilización en la que habitamos, más necesario será conocer los límites y los fines de nuestras “democracias”.

Todo ello nos puede llevar a la necesidad de una profunda reflexión sobre el valor del ocio en el futuro. Así, se ha propuesto en vez de trabajar más horas con pocos resultados productivos adoptar una semana laboral más corta (implantar medidas como los fines de semana de tres días) y contribuir a salvar nuestro planeta a través de una reducción notable del consumo de energía y nuestro bienestar. Una sociedad que, como se anticipó hace años, parece dirigirse del paro al ocio ⁽⁴⁴⁾. Un ocio fundado en el trabajo robótico, una entera sociedad del ocio... Algunos pueden ver aquí el triunfo de quienes han predicado los males del trabajo y han alentado a su definitiva y total abolición ⁽⁴⁵⁾.

En suma, nos enfrentamos a un conjunto de retos y cuestiones de no fácil solución. Pero lo que es evidente es que no podemos apartar la mira de estos problemas y la sociedad tiene el reto de dar respuestas precisas a estas realidades cada vez más presentes en nuestras vidas.

La transformación de la empresa en la era de la disrupción tecnológica y la industria 4.0 – Riassunto. *Il contributo offre una panoramica sulle dinamiche di trasformazione dell'impresa ai tempi della Industria 4.0. L'analisi si concentra su diversi aspetti di questa trasformazione considerata disruptive. Ad una introduzione che contestualizza il fenomeno dell'Industria 4.0 seguono paragrafi dedicati alla*

⁽⁴³⁾ Un interesante estudio al respecto puede verse en M.J. GOMEZ-MILLAN HERENCIA, *El ingreso permanente de Alaska como forma de articular la renta básica universal e incondicionada*, RTSS (CEF), 2017, nº 407, 83-115.

⁽⁴⁴⁾ Tesis anticipada en su día por L. RACIONERO, *Del paro al ocio*, Barcelona, Anagrama, 1990.

⁽⁴⁵⁾ Provocadora pero verdaderamente divertida es la obra de B. BLACK, *La abolición del trabajo*, Pipas de Calabaza, 2013 que nos actualiza la clásica de P. LAFARGUE, *El derecho a la pereza*, Madrid, Fundamentos, 1980. Obra que veía, precisamente, en la máquina «la redentora de la humanidad, el Dios que liberará al hombre de las *sordidae artes* y del trabajo asalariado, el Dios que le dará el ocio y la libertad».

dematerializzazione dell'impresa, alla platform economy, alla impresa panoptica (controlli e gestione dei dati nel nuovo mondo digitalizzato), prima del paragrafo conclusivo sulla impresa robot analizzata nelle sue potenzialità rispetto alle dinamiche di impiego.

Company transformation in the age of technological disruption and Industry 4.0 (Article in Spanish) – Summary. *The contribution provides an overview of the company's transformational dynamics in Industry 4.0. The analysis focuses on several aspects of this transformation that are considered disruptive. An introduction to the phenomenon of Industry 4.0 is followed by paragraphs devoted to dematerialization of enterprise, platform economy, panoptic enterprise (control and data management in the new digitized world), before the concluding paragraph on the robot enterprise analyzed in its potential compared to the dynamics of use.*

Recensioni

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, *Building America's Skilled Technical Workforce*^{*}

a cura di Margherita Roiatti^{**}

Sommario: **1.** “*Building America's Skilled Technical Workforce*”. Contesto, Comitato scientifico, metodologia e obiettivi. – **2.** Il personale tecnico qualificato: definizione e principali problemi legati all'incontro tra domanda e offerta di lavoro. – **3.** Il complesso sistema americano di sviluppo delle competenze tecniche. – **3.1.** Fonti di finanziamento pubbliche e private. – **3.2.** Il *return-on-investments* e le criticità del sistema di certificazione delle competenze. – **4.** Risultati generali e raccomandazioni.

1. “*Building America's Skilled Technical Workforce*”. Contesto, Comitato scientifico, metodologia e obiettivi

Formazione e competenze sono senza dubbio due parole ricorrenti all'interno dei discorsi politici tanto a livello nazionale, quanto a livello Europeo ed internazionale. Spesso con riferimento alle trasformazioni del lavoro se ne evoca soprattutto la componente “professionale” e “tecnica”, asset cruciale nel nuovo paradigma produttivo dell'*Industry 4.0*. Tuttavia, la riflessione si spinge raramente fino alla elaborazione di proposte ed azioni concrete volte ad aumentare l'efficacia dei meccanismi di sviluppo e finanziamento degli interventi nel campo della formazione professionale e alla promozione di misure idonee allo sviluppo delle competenze richieste per garantire il corretto funzionamento di segmenti sempre più cruciali del mercato del lavoro.

^{*} *The National Academies Press, 2017, Washington, DC.*

^{**} *Dottoranda di ricerca in Formazione della persona e mercato del lavoro, Università degli Studi di Bergamo, ADAPT.*

Rispetto alle modalità di sostegno allo sviluppo delle competenze richieste dal mercato e del finanziamento delle stesse, se nel contesto europeo la maggior parte degli Stati ha optato per un sistema di natura pubblica o per un modello misto pubblico-privato (a seconda del sistema istituzionale di riferimento), gli Stati Uniti (dove il tema della sostenibilità del sistema produttivo, connesso con quello della formazione, è percepito come altrettanto urgente) sono spesso ricondotti a un modello incentrato prevalentemente sul mercato, dove i privati (imprese, studenti e lavoratori) sono i principali soggetti cui spetta l'onere degli investimenti in questo campo.

In uno scenario caratterizzato importanti trasformazioni, in cui le proposte di riforma dei sistemi di formazione (sia in Italia che in Europa) sono numerose e si susseguono rapidamente, per poter rispondere adeguatamente alla sfida della valorizzazione delle competenze per il futuro, può essere interessante analizzare in modo più approfondito il modello americano, al fine di comprenderne le logiche di funzionamento e di conoscere le soluzioni proposte in quel contesto per affrontare le sfide comuni sopra richiamate.

“Gli Stati Uniti hanno bisogno di una forza lavoro che possieda il giusto mix di competenze per rimanere competitivi, stimolando quanto più possibile l'innovazione e accrescendo una prosperità condivisa” ⁽¹⁾. Questa è la dichiarazione d'intenti che apre il recente report *“Building America's Skilled Technical Workforce”* a cura della National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM) e realizzato con il contributo del Committee on the Supply Chain for Middle Skilled Jobs.

La difficoltà sistemica di rinvenire studenti e lavoratori in possesso delle competenze richieste da alcuni settori produttivi (nello specifico quelli manifatturiero e sanitario) e la scarsa attrattività delle professioni riconducibili agli stessi a causa di una persistente cattiva reputazione sono le urgenze da cui ha preso le mosse il Rapporto che si occupa di fornire analisi e raccomandazioni pratiche per lo sviluppo del sistema americano di istruzione e formazione tecnica.

⁽¹⁾ Traduzione a cura dell'autore.

Lo sforzo del Comitato è stato quello di creare una guida per responsabili politici, educatori, datori di lavoro, sindacati e *stakeholders* per incoraggiare, sostenere ed equipaggiare i lavoratori americani ad acquisire gli strumenti necessari per l'accesso alle posizioni disponibili di occupazioni a carattere tecnico, soddisfacendo così la domanda di lavoro locale e nazionale.

Per realizzare il Rapporto, il Comitato ha proceduto con la revisione ragionata della letteratura rilevante, ha commissionato una serie di contributi ⁽²⁾ volti ad indagare temi chiave, organizzato un simposio e consultato numerosi esperti per ottenere dati empirici e raccogliere punti di vista differenti utili alla formulazione delle conclusioni, delle linee guida operative e delle raccomandazioni contenute nell'ultima sezione dell'elaborato. Lo studio, coordinato dal Board on Science, Technology and Economic Policy, ha richiesto lo sforzo collaborativo di diversi organi della National Academies: il Board on Higher Education and Workforce, il Board on Science Education e il National Academy Engineering Program Office ⁽³⁾.

2. Il personale tecnico qualificato: definizione e principali problemi legati all'incontro tra domanda e offerta di lavoro

Nell'indagare le sfide connesse alla formazione del personale tecnico qualificato, lo studio opera innanzitutto una scelta terminologica tra *middle-skill* e *technically skilled workforce*. Posto che la *skilled technical workforce* comprende una serie di professioni che necessitano di un alto livello di competenze tecniche ma che, nella maggior parte dei casi, non richiedono il possesso di un diploma di laurea di primo livello (*bachelor's degree*) per il primo ingresso nel mondo del lavoro, la scelta terminologica del Comitato in favore della seconda formulazione non è affatto casuale. La prima soluzione, seppur più ricorrente, è stata scartata poiché non solo risulterebbe inadeguata a catturare il valore ed il dinamismo di questo segmento della

⁽²⁾ Per un elenco completo dei contributi si veda NASEM, *Building America's Skilled Technical Workforce*, The National Academies Press, 2017, 11

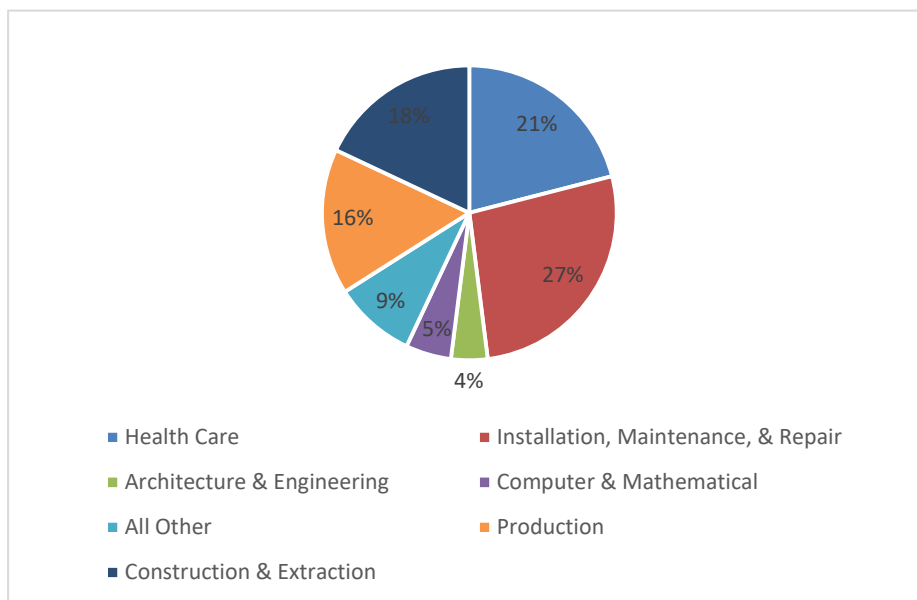
⁽³⁾ Per una lista esaustiva degli autori, dei soggetti e degli enti coinvolti nella realizzazione del report si veda NASEM, *op. cit.*, vi ss.

manodopera americana, ma anche poiché foriera di una connotazione negativa, tale persino da fungere da deterrente per gli studenti ed i lavoratori stessi ⁽⁴⁾, già poco inclini ad attivarsi per intraprendere e portare avanti percorsi di carriera in questo segmento produttivo a causa di una persistente cattiva reputazione dello stesso. Infatti, le evidenze emerse in fase di redazione del Rapporto indicano che attualmente negli Stati Uniti è ancora molto diffusa la percezione dei *middle-skill jobs* come professioni poco o non adeguatamente remunerate, che richiedono l'esecuzione di mansioni basilari e altamente ripetitive e caratterizzate da ambienti di lavoro poco stimolanti e persino insalubri.

Il secondo passo compiuto è stato quello di identificare la ripartizione degli *skilled technical workers* tra i maggiori gruppi occupazionali americani.

⁽⁴⁾ Della stessa opinione anche il Manufacturing Institute che, nel 2015, ha promosso la campagna "Dream It. Do It" volta a superare la percezione negativa legata alle professioni a contenuto tecnico nel settore manifatturiero.

Grafico 1 – Forza lavoro tecnica qualificata per categoria professionale



Fonte: NASEM, *op.cit.*, 2017, 16

L'esito dell'indagine, così come riportato nel grafico, viene poi utilizzato come punto di partenza per constatare se l'offerta di personale tecnico qualificato sia adeguata ad incontrare la domanda di lavoro, in una prospettiva sia di breve che di lungo periodo. Secondo la National Governors Associations (NGA) – Center for Best Practice, dei 48 milioni di *job openings* previste per il 2018, ben il 63% richiederà almeno un livello di istruzione post-secondaria ⁽⁵⁾ e gli Stati Uniti necessiteranno di incrementare di oltre 3 milioni il numero degli *skilled technical workers*.

Sebbene il monitoraggio e la misurazione della variazione delle tipologie di competenze in possesso del segmento della forza lavoro oggetto dello studio siano tra le difficoltà maggiori incontrate nella stesura della relazione ⁽⁶⁾, il Comitato ha individuato un consenso

⁽⁵⁾ Secondo la stessa NGA, attualmente solo il 42% della forza lavoro statunitense è in possesso di un diploma di scuola superiore.

⁽⁶⁾ Per una definizione di *competencies* e *skills* nel significato loro attribuito dal rapporto, si veda NASEM, *op. cit.*, 9, 24.

generale sul fatto che, in risposta alla globalizzazione ed ai veloci avanzamenti nei campi della scienza e della tecnologia, le aziende americane si trovano a domandare lavoratori che possiedano via via sempre maggiori competenze, tanto aritmetico-matematiche e di alfabetizzazione, quanto forti *skill* interpersonali, tecniche e di *problem solving* (le cosiddette *soft skills*).

Tuttavia, indagini di mercato e report industriali ed istituzionali (a livello statale e governativo) utilizzati nella stesura dello studio hanno messo in luce come gli Stati Uniti, nel loro complesso, non abbiano la possibilità di attingere ad un'offerta di personale tecnico qualificato adeguata al raggiungimento degli obiettivi in materia di competitività del sistema produttivo e di crescita economica (va tenuto in considerazione che queste *imbalances* tra la domanda e l'offerta di lavoro qualificato sono di natura e portata differente per i diversi settori produttivi e zone geografiche). Si registra cioè una situazione sistemica di *skills-gap*, di disallineamento formativo e professionale da intendersi come la distanza tra profili formati dal sistema di istruzione e formazione e la richiesta di competenze specifiche del mercato del lavoro ⁽⁷⁾.

Le soluzioni azionabili, suggerite nel report, per approdare alla ricomposizione del disallineamento tra domanda e offerta di lavoratori qualificati in campo tecnico, partono dalla necessità di riabilitare la reputazione e incrementare l'attrattività dei percorsi di carriera per questa tipologia di professioni, tenendo conto dell'assunto secondo cui la redditività degli investimenti nel mercato del lavoro dedicati allo sviluppo delle competenze tecniche è consistente solo qualora gli studenti e/o il personale completino i percorsi formativi intrapresi e ottengano le qualifiche professionali ricercate dai datori di lavoro. Al contrario, il rendimento – fattore cruciale nel processo decisionale pubblico o privato che sottende l'erogazione di fondi e lo stanziamento di investimenti rivolti alla formazione – risulta inferiore o addirittura negativo qualora i soggetti cui la formazione è indirizzata non se ne

⁽⁷⁾ Per una trattazione del tema dello *skills-gap* in America si veda P. CAPELLI, *Skill gaps, skill shortages and skill mismatches: Evidence and arguments for the United States*, ILR Review, 2015, n.2, 251ss.

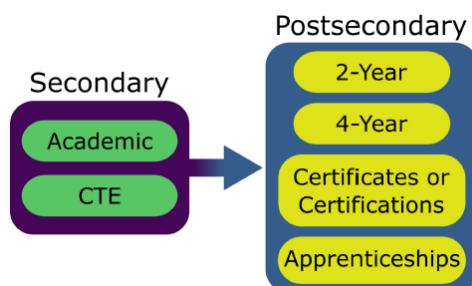
avvantaggino, non frequentando, non completando o non concludendo con successo i programmi di istruzione o *training*.

3. Il complesso sistema americano di sviluppo delle competenze tecniche

Negli Stati Uniti, la responsabilità per lo sviluppo ed il sostegno della *skilled technical workforce* è frammentata tra diversi attori che includono educatori, studenti, lavoratori, datori di lavoro, governo (a livello locale, statale e federale), sindacati e associazioni di cittadini. Oltretutto, a differenza di altre economie avanzate (quelle citate nel report, come esempi positivi, sono la Svizzera e la Germania), in America si sconta l'assenza di un meccanismo formale, a livello nazionale, per il coordinamento delle politiche e degli strumenti dedicati allo sviluppo delle competenze tecniche per mezzo dei sistemi di istruzione e formazione professionale.

Gli americani che desiderano ricevere una preparazione idonea all'accesso alle occupazioni *skilled technical* hanno a disposizione un ampio ventaglio di opzioni. I vettori coinvolti primariamente nella formazione di lavoratori tecnici qualificati sono i percorsi CTE (*Career and Technical Education*) nelle istituzioni di istruzione secondaria e post-secondaria, i programmi dei *community college*, i programmi che rilasciano certificati occupazionali e gli apprendistati.

Grafico 2 – Panoramica delle componenti del sistema americano per lo sviluppo della *skilled technical workforce*



Fonte: NASEM, *op.cit.*, 2017, 66

Gli studenti si trovano a dover decidere se perseguire un percorso accademico tradizionale o uno professionalizzante già durante la scuola secondaria. Dopo aver conseguito un diploma di scuola superiore gli studenti possono scegliere se proseguire con percorsi di istruzione o formazione professionale, entrare direttamente nel mondo del lavoro o cercare una combinazione tra i due ambiti. Negli Stati Uniti è possibile scegliere tra un ampio ventaglio di opzioni e soggetti autorizzati a somministrare istruzione post-secondaria e formazione professionale ma, a meno che gli studenti non abbiano accesso a borse di studio, prestiti o benefit da fonti pubbliche e/o private, essi sono i soli responsabili per i costi associati alla decisione di proseguire nel percorso formativo.

Infatti, a differenza di quanto accade in molti dei paesi OCSE, negli Stati Uniti, la maggior parte delle policy (federali e statali) trattano la formazione post-secondaria come un bene privato. Ciò comporta che, finora, e contrariamente a quanto posto come premessa dello studio qui presentato, le politiche sottese allo sviluppo della formazione delle competenze tecnico-professionali richieste dal mercato del lavoro assumano come ratio che siano i soli lavoratori, e non la società nel suo complesso, a beneficiare del ritorno sugli investimenti per l'istruzione e la formazione.

3.1 Fonti di finanziamento pubbliche e private

Come già accennato, le strategie di sviluppo della manodopera tecnica qualificata negli Stati Uniti sono policentriche per natura, guidate da una composita varietà di investimenti pubblici e privati nel settore dell'istruzione e della formazione professionale. Quindi, nonostante sia i governi locali, sia i datori di lavoro condividano un interesse allo sviluppo ed al mantenimento di un numero consistente di lavoratori qualificati in possesso di determinate competenze tecniche, i loro sforzi ed investimenti in questo senso sono troppo spesso non coordinati.

Allo stesso tempo, gli investimenti pubblici sono amministrati nel contesto di un variegato set di *policies* dedicate al raggiungimento di diversi obiettivi relativi allo sviluppo economico, dell'istruzione,

dell'occupazione ma anche del sistema sanitario o ai *veterans'affairs* ⁽⁸⁾.

Il Comitato riporta più volte nello svolgersi della relazione che, negli Stati Uniti, i costi relativi alla formazione – soprattutto quella di livello post-secondario – e allo sviluppo della *skilled technical workforce* sono sostenuti da un composito mosaico di attori ed istituzioni. Strategie quali quelle di *co-production* e *co-provision* (la prima si riferisce a partnership pubblico-private per la produzione di beni e servizi, la seconda a partnership per il finanziamento e la distribuzione dei medesimi beni e servizi) sono diffusamente utilizzate negli Stati Uniti e sfociano in un sistema pubblico-privato estremamente complesso che rende molto difficile identificare relazioni di causalità e risultati, individuare le responsabilità e valutarne le performance.

Istruzione e formazione professionale risultano così co-prodotte e co-distribuite congiuntamente da studenti e lavoratori, datori di lavoro, sindacati, governi (locali, statali, federale) ed organizzazioni filantropiche. Le implicazioni derivanti della composizione di questo sistema sono diverse, ma per comprenderle è utile descriverle sinteticamente le diverse fonti di finanziamento.

I finanziamenti pubblici includono investimenti federali, statali e locali. Gli interventi federali si fanno carico dei servizi all'impiego, di quelli rivolti alla formazione professionale (fondi amministrati principalmente a livello locale) e del sostegno al sistema di istruzione nel suo complesso ⁽⁹⁾. La maggior parte di questi finanziamenti sono distribuiti a mezzo sussidi rilasciati agli stati e alle autorità locali sulla base di criteri non competitivi quali popolazione, tassi di disoccupazione ed altri indicatori economici. A questo proposito, il Comitato rileva che, nonostante la legislazione federale si occupi di indicare i criteri di eleggibilità e di erogazione dei finanziamenti, è la propensione degli studenti ad assumersi tale onere la vera determinante dei risultati

⁽⁸⁾ Per una trattazione sistematica delle *Military – Civilian Transition Issues* si rimanda alla sezione dedicata nel report NASEM, *op. cit.*, 2017, 116 ss.

⁽⁹⁾ In conformità con i programmi deliberati in base all'Higher Education Act Per un'analisi dell' HEA si veda A. HEGJI, *The Higher Education Act (HEA): A primer*, Congressional Research Service, 2014.

dell'investimento in istruzione e formazione. Ne consegue che nonostante si possa ravvisare una tendenza ad incoraggiare gli investimenti in istruzione e formazione finalizzate alla creazione di personale tecnico qualificato, i *policy-maker* si trovano comunque a dover persuadere tanto gli studenti, quanto gli educatori ed i datori di lavoro dei benefici potenziali di questi investimenti e dell'opportunità di assumersi tali impegni.

Infine, i governi statali e locali forniscono generalmente diverse tipologie di finanziamento che rilevano in questo contesto. La più consistente è dedicata all'istruzione elementare, considerata come le fondamenta su cui costruire le successive carriere a livello di istruzione secondaria, post secondaria e formazione professionale tecnica ⁽¹⁰⁾.

Come si è già avuto modo di accennare, le fonti di finanziamento private sono composte dai fondi investiti dagli studenti, dai lavoratori e dalle loro famiglie, dai datori di lavoro, dai sindacati e dalle associazioni civiche e filantropiche. I datori di lavoro supportano lo sviluppo di personale tecnico qualificato con diverse modalità (*on-the-job training*, apprendistati), supportando percorsi di *certification* e *recertification* e offrendo rimborsi per la partecipazione a programmi esterni di formazione ⁽¹¹⁾. A questo riguardo, le evidenze riportate dimostrano come i datori di lavoro beneficino dello sviluppo di personale qualificato le cui competenze siano opportunamente allineate con le esigenze aziendali, che contribuisca all'innovazione, all'incremento degli *output* e della profittabilità. Infatti, nell'alveo delle scienze economiche che si occupano di studiare il rapporto tra innovazione e crescita è assodato che lavoro, conoscenza e competenze sono i tre fattori responsabili dello sviluppo e della crescita. La catena logica che lega innovazione e sviluppo della forza lavoro suggerisce che i datori di lavoro che attribuiscono priorità all'innovazione sono fortemente incentivati a contribuire allo sviluppo in termini di

⁽¹⁰⁾ In media ogni stato investe 1/3 delle proprie risorse nel campo dell'educazione. Di conseguenza l'influenza che i decisori statali e locali possono avere sullo sviluppo di lavoratori qualificati è considerevole.

⁽¹¹⁾ Le politiche pubbliche americane permettono la deduzione dall'imponibile del costo dell'istruzione e formazione professionale della manodopera, incentivando e finanziando in questo modo gli investimenti dei datori di lavoro

competenze dei lavoratori (ad esempio, diversi studi evidenziano come le aziende coinvolte nella formazione di apprendisti attraverso una combinazione di alternanza scuola-lavoro risultano più innovative delle altre) ⁽¹²⁾.

Proseguendo con la ricognizione delle fonti di finanziamento, il Report menziona quelle provenienti dai sindacati. Essi contribuiscono attraverso la sovvenzione di programmi di formazione dedicati ai lavoratori, in modo tale da aiutarli a sviluppare e mantenere le competenze richieste principalmente a livello territoriale e a seconda dei settori produttivi di appartenenza ⁽¹³⁾. La peculiarità della maggior parte di questi programmi, indicata come *best practice* dal Comitato, è quella di essere istituiti in accordo non solo con i datori di lavoro e associazioni datoriali ma anche con le istituzioni scolastiche e universitarie di riferimento.

Infine, come più volte evidenziato, negli Stati Uniti l'onere di sostenere i costi connessi all'istruzione formazione post-secondaria è condiviso dai singoli lavoratori e cittadini. Questi costi riguardano tasse e contributi, *associated costs* tra cui l'acquisto di libri o il costo di trasporto, costi-opportunità quali penalizzazioni temporanee sulla retribuzione: ad esempio, nella maggior parte dei casi sono i lavoratori stessi che pagano la propria formazione *on-the-job* attraverso una riduzione dello stipendio. Tuttavia, in una prospettiva di progressione di carriera, i singoli risultano essere in grado di rientrare degli investimenti soprattutto in termini di retribuzioni maggiori, bilanciate e proporzionate al grado di istruzione e formazione raggiunto ed alle competenze acquisite.

⁽¹²⁾ Sul punto si veda OECD, EUROSTAT, *The Oslo manual: Guidelines for collecting and interpreting innovation data*, OECD Publishing, 2005.

⁽¹³⁾ Un esempio di questi programmi sono quelli promossi dall'AFL-CIO di cui una descrizione può essere rintracciata su <http://www.aflcio.org/Learn-About-Unions/Training-and-Apprenticeships/Labor-Management-Partnerships>

3.2 Il *retourn-on-investiments* e le criticità del sistema di certificazione delle competenze

Il ritorno degli investimenti rivolti all'acquisizione di competenze tecniche può avere una natura sia tangibile che intangibile: salari più alti ed incentivi per i lavoratori in possesso delle qualifiche richieste, profitti e produttività maggiori per le imprese, entrate fiscali supplementari per i governi sono tra gli indicatori di cui è possibile stimare il valore. Altri *returns*, di natura non monetaria quali la soddisfazione ed i progressi personali sono più difficili da quantificare ma contribuiscono all'equazione di costo-opportunità interiorizzata dai soggetti che si trovano a decidere se investire o meno nello sviluppo delle competenze tecniche e delle qualifiche richieste dal mercato del lavoro.

Per quanto riguarda il tassello della formazione professionale, secondo il Comitato, ed in conformità con le analisi della Society for Human Resources Management (SHRM), non è possibile calcolare con precisione se i dipendenti utilizzino o meno a pieno i *benefit* sopracitati e, qualora questo non avvenga, è il *return-on-investment* in primis a risentirne. Secondo il Rapporto, il *vulnus* nell'incontro tra investimenti in formazione e qualificazione professionale e l'efficacia di questi strumenti al riequilibrio tra le competenze tecniche richieste dalle imprese e quelle a loro disposizione, potrebbe risiedere tanto nella mancanza di una cultura aziendale incoraggiante verso l'utilizzo dei benefit per la formazione, quanto nella difficoltà di utilizzo degli incentivi.

Uno degli strumenti su cui, secondo il Comitato, sarebbe necessario investire maggiormente in chiave strategica è il sistema della certificazione delle competenze – *certification* – (e, accanto ad esso quello delle licenze – *licensing system*). Infatti, riconoscere che anche organismi diversi da quelli normalmente afferenti al sistema tradizionale di istruzione e formazione possano certificare determinate conoscenze, abilità e competenze per svolgere una specifica professione è un'operazione strettamente connessa con le altre azioni volte allo sviluppo del personale qualificato richiesto dalle aziende. Tuttavia, per poter beneficiare a pieno del sistema delle certificazioni è

indispensabile definirne il valore, tanto per le imprese, quanto per gli studenti, i lavoratori e per il mercato del lavoro nel suo insieme.

Negli Stati Uniti, i governi costituiscono la maggioranza degli enti preposti alle attività di certificazione, seguiti da associazioni professionali ed infine dalle imprese stesse.

Tuttavia, nonostante ben il 71.4% degli oltre 4000 enti di certificazione – secondo i dati del Report – sia di natura governativa non è possibile rintracciare un repertorio omnicomprensivo né dei soggetti che rilasciano le certificazioni, né una lista esaustiva delle stesse negli Stati Uniti e nemmeno un database che registri la professione svolta da coloro che sono in possesso di tali certificazioni. Inoltre, in un contesto di *skills – gap* in cui la mobilità dei lavoratori risulta indispensabile per attenuare il disallineamento delle competenze e dove, allo stesso tempo, sono sempre più numerosi i settori industriali che richiedono il possesso di una certificazione delle competenze per le assunzioni risulta poco funzionale un sistema, come quello vigente, che prevede la validità delle certificazioni sono all'interno dei confini statali dell'autorità che le ha rilasciate ⁽¹⁴⁾.

Infine, il grande numero di programmi esistenti, uniti ad un processo di certificazione spesso nebuloso (a volte gli standard e le modalità di certificazione si differenziano anche all'interno del medesimo territorio) e all'assenza di studi approfonditi sulla relazione tra il possesso di esse e le prospettive di carriera, rendono estremamente complesso calcolare il *return-of-investment* sia per i singoli che sono interessati ad ottenere simili *credential* ⁽¹⁵⁾, sia per i datori di lavoro che, per poter contare su lavoratori qualificati potrebbero essere

⁽¹⁴⁾ Secondo il Report, l'industria socio sanitaria e quella del manifatturiero avanzato sono due esempi di settori particolarmente sensibili alle limitazioni derivanti dall'attuale sistema di *certification* e *licensing* poiché le aziende che li compongono sono di grandi dimensioni e spesso presenti su più territori e dove sono più numerose le *vacancies* che richiedono il possesso di certificazioni come requisito obbligatorio d'ingresso.

⁽¹⁵⁾ Non va dimenticato poi che tutte le certificazioni hanno una scadenza e sono quindi soggette ai costi di un eventuale processo di *re-certification*, a sua volta strettamente connesso con i costi e la scarsità di fondi disponibili per la formazione continua

interessati a mettere a disposizione dei dipendenti dei fondi per accedere a questi meccanismi.

4. Risultati generali e raccomandazioni

La relazione disegna uno scenario in cui i trend delle assunzioni indicano che sì, gli americani aspirano ad affrontare percorsi educativi e di formazione correlati alla loro professione (soprattutto in un'ottica di avanzamento di carriera) nel corso delle loro vite, ma che essi sono meno a propensi a farlo rispetto al passato.

Ricomporre il disallineamento tra quello di cui oggi i datori di lavoro hanno bisogno e l'offerta di *technical skills* è una delle sfide più consistenti che il mercato del lavoro – non solo quello americano – si trova ad affrontare e, in larga parte, la risposta potrà arrivare dal sistema dell'istruzione e formazione. Ed è proprio per raggiungere questo obiettivo che, a fronte delle evidenze e esposte nel report che il Comitato approda, nell'ultima sezione dello stesso, a delle vere e proprie linee guida rivolte a tutti gli attori (istituzionali a livello statale e locale, datoriali, sindacali) impegnati nello sviluppo di un sistema volto ad immettere nel mercato del lavoro statunitense le competenze tecniche ed i profili professionali richiesti dal paradigma industriale attuale e futuro.

Le raccomandazioni, come di seguito sintetizzate, hanno lo scopo di orientare ad un miglior uso delle risorse già disponibili al fine di generare migliori risultati.

Una delle azioni più urgenti, tra quelle individuate dalla NASEM, è quella rivolta ad accrescere la rilevanza sociale ed economica della formazione tecnica, il che significa espandere le chances di studenti e lavoratori di accedere e ri-accedere consapevolmente al mercato del lavoro in trasformazione, piuttosto che esserne travolti. Questa consapevolezza, secondo il Comitato, potrebbe realizzarsi a partire dalla pianificazione strategica di campagne di comunicazione (declinate per incontrare i bisogni delle diverse aree geografiche) pubblico-private a livello nazionale per accrescere l'attrattività e la consapevolezza della

rilevanza del valore generato dai lavori tecnici qualificati e del ritorno economico ad essi connesso, a beneficio della società nel suo insieme.

In secondo luogo, in un sistema policentrico come quello americano, fare un miglior uso delle risorse disponibili e produrre risultati desiderati richiede un potenziamento del livello di coordinamento tra tutti i soggetti coinvolti, ma soprattutto tra le istituzioni formative ed i datori di lavoro attraverso la costruzione di appositi meccanismi pubblici, privati e ibridi che, interagendo, massimizzino il ritorno d'investimento per la formazione di lavoratori in possesso competenze tecniche richieste (¹⁶).

Conseguentemente, risulta necessario che i *policy-maker* americani compiano ulteriori indagini per capire quanto effettivamente stiano facendo per contribuire alla creazione delle condizioni necessarie ad incoraggiare i cittadini ad acquisire le competenze richieste e permettere così l'auspicata crescita economica e competitività del sistema industriale americano. A loro volta, i datori di lavoro che desiderano innovare e competere efficacemente sul mercato globalizzato si trovano in difficoltà nel contribuire allo sviluppo delle competenze tecniche necessarie. Ed è proprio in virtù di questo contesto che, secondo la NASEM, sarebbe auspicabile un'alleanza più stretta e coordinata tra industria, mondo accademico, associazioni e sindacati, in cooperazione con gli U.S. Departments of Labor and Education.

Inoltre, tenendo sì conto delle peculiarità territoriali e demografiche statali e locali ma avendo presente la situazione sistemica di *skills gap* a livello federale, si raccomanda la rimozione di tutte le barriere alla mobilità dei lavoratori e, segnatamente, di quelle costituite dai requisiti del sistema di *licensing* e di certificazione.

Un ruolo importante e prodromico a tutte le azioni suggerite viene attribuito poi ai sistemi informativi e ai database, di cui è necessario un

(¹⁶) Coordinamento che può essere più profittevole se supportato da strumenti più efficienti e facilmente accessibili di raccolta e analisi dei dati relativi al mercato del lavoro. Per una descrizione accurata degli strumenti già disponibili e delle criticità connesse al loro utilizzo si veda NASEM, *op. cit.*, 153 ss.

potenziamento ed un miglioramento per quanto riguarda la loro accessibilità, sia per quanto attiene ai dati relativi al mercato del lavoro, sia ai fabbisogni di competenze per le professioni che richiedono manodopera tecnica qualificata in modo da contribuire alla riduzione del disallineamento, allineando il *workforce development* con gli avanzamenti in campo scientifico e tecnologico.

Il report e le riflessioni in esso contenute possono essere importanti, di certo, anche per il contesto italiano, dove, anche partendo dall'analisi delle buone pratiche internazionali, si potrebbe facilitare le dinamiche di incontro tra la domanda e l'offerta di competenze tecniche avanzate e abilitanti per le trasformazioni legate a Industria 4.0, sia facendo leva sull'integrazione efficace dei sistemi di scuola-università-lavoro, sia sfruttando a pieno le potenzialità del sistema di certificazione delle competenze in via di costruzione, approdando così ad una efficiente classificazione dei mestieri ed alla identificazione del loro valore di mercato come vera chiave di volta per affrontare la trasformazione in atto.

Building America's Skilled Technical Workforce – Riassunto. *Il presente contributo, in forma di recensione, analizza il contenuto del report "Building America's Skilled Technical Workforce" a cura del Committee on the Supply Chain for Middle Skilled Jobs (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine) che si occupa di fornire una guida per responsabili politici, educatori, datori di lavoro, sindacati e stakeholders per incoraggiare e sostenere i lavoratori americani ad acquisire gli strumenti necessari per l'accesso alle posizioni disponibili di occupazioni a carattere tecnico, soddisfacendo così la domanda di lavoro locale-nazionale e ricomponendo il disallineamento di competenze che interessa questo segmento occupazionale.*

Building America's Skilled Technical Workforce – Summary. *This paper presents a review of the recent NASEM (Committee on the Supply Chain for Middle Skilled Jobs) "Building America's Skilled Technical Workforce" report, which provides the committee's conclusions and action-oriented recommendations for improving the American system of technical education, training, and certification as a guide for policy makers and administrators, educators, employers, labour organizations, and other stakeholders in preparing Americans for well-paid technically skilled jobs that meet local and national needs to support a robust economy.*

PROFESSIONALITÀ

Bimestrale di studi e orientamenti per l'integrazione tra scuola e lavoro e per l'apprendistato formativo
Professionalità (versione cartacea)

Direzione, Redazione e Amministrazione:

Direttore responsabile: Giuseppe Bertagna - Edizioni Studium Srl, Via Crescenzo, 25 - 00193 Roma - Fax. 06.6875456 - Tel. 06.6865846 - 06.6875456 - Sito Internet: www.edizionistudium.it - POSTE ITALIANE S.P.A. - Spedizione in abbonamento postale - D.L. 353/2003 (Conv. in L. 27/02/2004 n.46) art. 1, comma 1 LOM/BS/02954 - Edizioni Studium (Roma) - Ufficio marketing: Edizioni Studium Srl, Via Crescenzo, 25 - 00193 Roma - Fax. 06.6875456 - Tel. 06.6865846 - 06.6875456 - email: professionalita@edizionistudium.it - Ufficio Abbonamenti: Tel. 030.2993305 (operativo dal lunedì al venerdì negli orari 8.30-12.30 e 13.30-17.30) - Fax 030.2993317 - email: abbonamenti@edizionistudium.it.

Abbonamenti:

rivista cartacea:

annuale (6 numeri) € 50,00
biennale (12 numeri) € 80,00

rivista digitale:

annuale (6 numeri) € 33,00
biennale (12 numeri) € 53,00

Per info.:

Tel. 030.2993305 (operativo dal lunedì al venerdì negli orari 8.30-12.30 e 13.30-17.30) - Fax 030.2993317 - email: abbonamenti@edizionistudium.it.

È possibile versare la quota di abbonamento sul conto corrente postale n. 834010 intestato a **Edizioni Studium Srl**, Via Crescenzo, 25 - 00193 Roma oppure facendo un bonifico bancario a Banco di Brescia, Fil. 6 di Roma, IBAN: IT30N0311103234000000001041 o a Banco Posta IT07P0760103200000000834010 intestati entrambi a Edizioni Studium Srl, Via Crescenzo, 25 - 00193 Roma (indicare nella causale il riferimento cliente e il codice).