

SIAMO PRONTI PER LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE? EVIDENZE DAL CASO ITALIANO*

di Natalia Faraoni, Tommaso Ferraresi, Nicola Sciclone

L'obiettivo del paper è esplorare l'impatto dell'adozione della nuova ondata di tecnologie digitali, che va sotto il nome di Industria 4.0, sulle dinamiche occupazionali, con particolare attenzione alle mansioni svolte dai lavoratori. Negli ultimi anni si sono moltiplicati i lavori sul futuro del lavoro e sulla cosiddetta "nuova era delle macchine" o "Quarta rivoluzione industriale". Alcuni autori stimano che il 47% dell'occupazione totale negli USA sarà potenzialmente automatizzabile nel giro di pochi decenni. Altri, calcolando il rischio di automazione per 21 Paesi dell'OCSE, ottengono risultati molto differenti (il 9% per gli USA). Il paper suggerisce una diversa prospettiva, domandandosi non tanto quanti e quali lavori scompariranno, bensì: (i) quali siano i possibili benefici dell'adozione delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione per il lavoro; (ii) se il mercato del lavoro italiano sia pronto per questo slittamento di paradigma tecnologico; e (iii) a quali condizioni. Per rispondere a tali domande, vengono seguite due strade. In primo luogo, si analizzano le conoscenze, le competenze e le mansioni attualmente richieste dal sistema delle professioni in Italia e negli USA, a partire dai database di INAPP e di O*NET, classificandole mediante il grado di automazione/sostituibilità e il grado di digitalizzazione. Successivamente, utilizzando un dizionario di abilità e competenze collegate alla Quarta rivoluzione industriale, si individuano alcuni differenti possibili impatti dei processi di digitalizzazione sulle professioni contenute nel dataset di INAPP, mediante un'analisi delle component principali.

The aim of this paper is to explore the potential impact of the adoption of the latest waves of digital technologies (commonly referred to as "Industry 4.0") upon employment trends, focusing on how the tasks performed by workers might be affected. The literature on the future of jobs and on the changing nature of innovation and work (so-called "Fourth Industrial Revolution") has blossomed. For instance, some authors find that around 47% of total US employment is potentially automatable over the next decades. Some others, when estimating the share of jobs at risk of automation for 21 OECD countries, obtain very different results (9% of jobs are at risk in the USA). We suggest a different perspective by considering not how many and what kind of jobs could disappear, but: (i) what are the potential benefits of the adoption of ICT on employment; (ii) whether the Italian labour market is ready for this shift in the technological paradigm; and (iii) under what conditions. In order to achieve our research goals, we implement two complementary approaches. First, we provide an overview of the knowledge, skills, and tasks currently required in order to pursue each profession in Italy and in the USA, based on the INAPP and O*NET datasets, respectively. In order to analyse the databases, we identify two different sets of variables, so as to capture the degree of automation/substitution, and the degree of digitalisation. Second, by using a dictionary of skills and abilities related to the Fourth Industrial Revolution, we outline the different impacts of digitalisation processes on the professions covered by the INAPP dataset, through an analysis of their main components.

Natalia Faraoni, Istituto regionale programmazione economica della Toscana (IRPET).

Tommaso Ferraresi, Istituto regionale programmazione economica della Toscana (IRPET).

Nicola Sciclone, Istituto regionale programmazione economica della Toscana (IRPET).

* Il paper è un estratto di una ricerca più ampia disponibile in <http://www.irpet.it/archives/49488>.

1. PREMESSA

Nell'ambito dell'ampia discussione sulla Quarta rivoluzione industriale, caratterizzata da un nuovo livello di pervasività delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (*information and communications technology*, ICT), oggi in grado di interconnettere le macchine, gli oggetti e i sistemi, producendo e utilizzando dati e informazioni, è cresciuto l'interesse di studiosi, decisori pubblici e addetti ai lavori per gli effetti delle trasformazioni in corso sul mercato del lavoro. Quale potrà essere l'impatto delle tecnologie digitali sull'occupazione? Quali professioni sono a più alto rischio di sostituzione e quali invece emergeranno tra le più richieste? Come si modificano le competenze all'interno dei singoli profili professionali e in che modo le istituzioni formative a vari livelli sono in grado di rispondere a tali cambiamenti? Si tratta di domande a cui non è facile rispondere, sia perché esse chiamano in causa la capacità di prevedere traiettorie di sviluppo non ancora definite, sia perché a ben vedere confondono aspetti diversi a cui sembra opportuno provare a rispondere separatamente.

L'obiettivo di questo lavoro è offrire un contributo nell'identificazione di un modello di analisi delle competenze e delle professioni maggiormente coinvolte dalle trasformazioni riconducibili al dibattito sulla Quarta rivoluzione industriale, per poter leggere le caratteristiche dei profili professionali prevalenti in Italia e in Toscana. La ragione di fondo di tale interesse è la convinzione che conoscenze, competenze e abilità delle persone siano al centro degli attuali cambiamenti socioeconomici. Per accogliere e indirizzare tali trasformazioni è necessario puntare sul lavoro qualificato ed espandere il più possibile le possibilità di formazione delle persone.

A questo fine è opportuno in primo luogo, nel dibattito che ormai ricade sotto l'epiteto di Industria 4.0, isolare alcuni aspetti che richiamano filoni di ricerca di più lungo periodo per identificare poche linee di analisi di breve e medio periodo utili per indagare il sistema delle competenze regionali.

Il lavoro si compone quindi di quattro parti. La prima, introduttiva, fa il punto sul dibattito intorno al tema Industria 4.0, al solo fine di far emergere le questioni più rilevanti per il nostro ragionamento. La seconda presenta il modello di analisi fondato sulla specificazione di due concetti chiave: quello di "aderenza" delle competenze al paradigma Industria 4.0 e quello di automazione e routinarietà delle mansioni ascrivibili a una determinata professione. La terza parte prende in esame due banche dati, una sul caso italiano (Istituto per lo sviluppo della formazione professionale dei lavoratori, ISFOL) e l'altra sugli USA (Occupational Information Network, O*NET), che raccolgono le professioni al massimo grado di disaggregazione secondo le classificazioni ISCO (International Standard Classification of Occupations) e SOC (Standard Occupational Classification), ed elencano l'insieme delle conoscenze, competenze, abilità ecc. riferibili a ciascuna professione associando un punteggio di importanza e di complessità.

La quarta parte propone, a partire dai limiti rilevati dall'analisi compiuta sulle banche dati ISFOL e O*NET, l'elaborazione di un vocabolario di competenze e abilità emergente da un'analisi delle principali fonti bibliografiche in lingua inglese relative ai temi di Industria 4.0, e abbozza alcune possibili prospettive di utilizzo.

2. IL LAVORO NELL'ERA 4.0: UNA RIFLESSIONE SULLA LETTERATURA

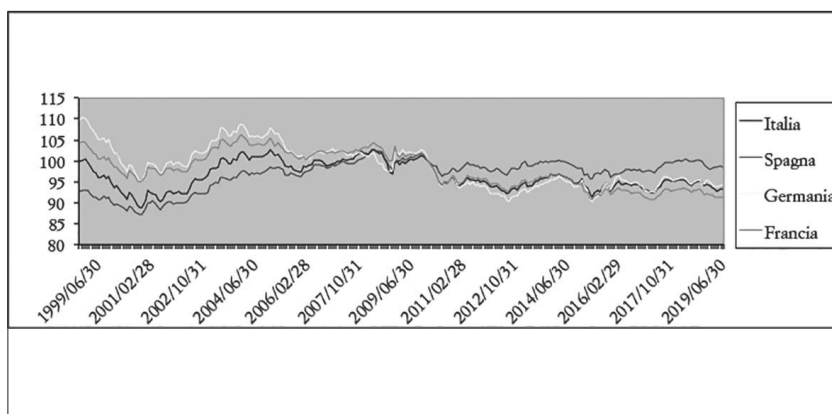
Nel 2016, Klaus Schwab, fondatore e direttore esecutivo del World Economic Forum (WEF), tematizza la Quarta rivoluzione industriale, definendone caratteristiche, opportu-

nità e rischi (Schwab, 2016), in anni in cui non si contano le pubblicazioni sulle trasformazioni sociali portate dalla seconda era delle macchine” (Brynjolfsson e McAfee, 2014) e dall’“ascesa dei robot” (Ford, 2015). L’epiteto di Industria 4.0, corrispettivo italiano del tedesco *Industrie 4.0*, ha una genesi diversa, ascrivibile al nuovo corso della politica industriale tedesca, sancita dal report diffuso nel 2013 alla fiera di Hannover (Dujin, Geissler, Horstkötter, 2014), il quale identificava gli investimenti necessari per traghettare la Germania manifatturiera verso la nuova era, mediante il traino di aziende tedesche leader nella fornitura di tecnologie (come Siemens, Bosch e Festo) e servizi ICT (come SAP e ESG).

Il modello tedesco di politica industriale è stato fonte di ispirazione per altri Paesi europei, tra cui l’Italia, che ha risposto nel 2016 con un piano nazionale Industria 4.0 (il cosiddetto “Piano Calenda”), volto a incentivare gli investimenti in macchinari e tecnologia, per favorire l’ammodernamento del sistema manifatturiero. È proprio a seguito degli interventi lanciati da alcuni tra i principali Governi mondiali che il paradigma Industria 4.0 si afferma, mentre il processo di digitalizzazione dei sistemi produttivi è già in atto, mosso dalle strategie differenziate delle singole aziende e delle catene del valore in cui esse sono inserite, ma segnato anche dalla pervasività con cui le tecnologie stanno entrando nella vita quotidiana degli individui e delle comunità.

Se la rapida diffusione dell’utilizzo del termine “Industria 4.0” (fig. 1) suscita da più parti una comprensibile diffidenza, essa è il pretesto per portare all’attenzione alcune tendenze di lungo periodo: dal lato della domanda, il cambiamento nell’organizzazione dei sistemi di produzione e distribuzione dei beni e dei servizi a seguito della possibilità, a costi tendenzialmente sempre più accessibili, di interconnettere dispositivi e sistemi, e raccogliere in tempo reale grandi moli di informazioni; dal lato dell’offerta, la nuova centralità, nell’ambito di questi sistemi complessi, del ruolo del “fattore umano” e delle conoscenze e competenze necessarie a svolgere le diverse mansioni. Questi processi di trasformazione sono fortemente interrelati, ed è impossibile comprendere il loro andamento se non tenendo insieme l’analisi del sistema produttivo con quella del mercato del lavoro.

Figura 1. Andamento delle ricerche effettuate online di “Industria 4.0”



Fonte: Google Trends.

La crescente attenzione intorno alla nuova ondata di cambiamento tecnologico, che ha trovato una sintesi nel nome evocativo di “Industria 4.0”, ha inoltre coinciso in Italia con una politica industriale di investimenti che non si vedeva da decenni. I dati relativi agli “investimenti fissi lordi in impianti, macchinari e armamenti” a livello nazionale mostrano un aumento a partire dal quarto trimestre 2016, che si ripresenta nel 2017 (Istat, 2017). E anche la risposta delle imprese medio-grandi toscane al nuovo corso di politica industriale sembra essere stata molto positiva, almeno da quanto emerge dai primi risultati di un’indagine condotta dall’IRPET¹.

È infatti necessario ricordare che i buoni propositi della campagna Industria 4.0 sovrappiungono in un contesto nazionale di stagnazione ormai ultradecennale. La crisi finanziaria ha colpito quando la produttività del nostro sistema economico languiva da tempo, sia per la scarsa efficienza del settore pubblico e dei servizi *non tradable*, sia per i ritardi accumulati dall’industria manifatturiera. A incoraggiare gli investimenti non è servito il percorso a ostacoli di riforme che si sono succedute a partire dai primi anni Novanta, inserendo a più riprese elementi di flessibilizzazione nel mercato del lavoro e intervenendo sul sistema di welfare con una logica di fondo rivolta per lo più a tagliare orizzontalmente risorse pubbliche. Si è così accentuata la spaccatura tra le vecchie generazioni, tendenzialmente protette dal sistema di welfare novecentesco, e le nuove, sempre più in difficoltà nel mercato del lavoro contemporaneo. La politica del rigore ha inoltre significato la riduzione di investimenti pubblici in campi strategici per rispondere ai cambiamenti innescati dal processo di digitalizzazione, quali la ricerca, l’istruzione e la formazione professionale, penalizzando (invece di incentivarli) comportamenti imprenditoriali rivolti a investire in capitale umano.

Cercando di tenere presente un quadro più ampio di quello sollecitato dal discorso pubblico su Industria 4.0, è comunque legittimo interrogarsi sugli effetti che la Quarta rivoluzione industriale avrà e sta già avendo sul mondo del lavoro in Italia e in Toscana.

2.1. Le principali prospettive di ricerca

Le più citate analisi relative al futuro del lavoro a seguito dell’avvento della nuova era digitale si interrogano principalmente sul suo impatto sull’occupazione, rispondendo a una paura affatto nuova, come quella della tecnologia².

Nel dettaglio, Frey e Osborne (2017) stimano il rischio di automazione connesso a ciascuna professione partendo dalla banca dati statunitense O*NET³, con l’ausilio di un giudizio di esperti “tecnologi” che valutano un sottoinsieme di professioni in base al loro “livello di automatizzabilità”, avvalendosi di metodi legati all’analisi discriminante per estendere l’analisi a tutti i profili. Dalle loro stime, il 47% delle professioni negli USA risultano a rischio di sostituzione. Il gruppo di lavoro The European House-Ambrosetti (2017) propone un’analisi dello scenario attuale e dell’impatto futuro dell’automazione sul mercato del lavoro italiano: a partire dall’articolo di Frey e Osborne, viene identificata una percentuale di rischio di sostituzione per 129 categorie professionali, affermando che il 14,9% del totale degli occupati, pari a 3,2 milioni di persone, potrebbe perdere il posto

¹ Osservatorio delle competenze digitali (2015), disponibile in <http://www.assinform.it/Pubblicazioni/Osservatorio-Delle-Competenze-Digitali.kl>.

² Si veda a questo proposito l’interessante ricostruzione in Mokyr *et al.* (2015). Per una recente rilettura della letteratura teorica ed empirica sul tema, si veda Calvino, Virgillito (2017).

³ O*NET è sviluppato dal Dipartimento del Commercio della North Carolina, su richiesta del Dipartimento del lavoro statunitense (Employment and Training Administration) (<https://www.onetcenter.org/overview.html>).

di lavoro nell'orizzonte temporale di riferimento, e propone alcune stime di impatto di tale calo occupazionale sui consumi delle famiglie, sul PIL e sul gettito fiscale⁴.

Arntz *et al.* (2016), utilizzando i micro-dati derivanti dall'indagine PIAAC (Programme for the International Assessment of Adult Competencies) dell'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE), tengono conto nelle loro stime dell'elevato grado di differenziazione di mansioni che è proprio di ciascuna professione. Sono, infatti, le mansioni e non le professioni a essere automatizzate. Dalle loro stime, il rischio di automazione riguarda "soltanto" il 9% delle occupazioni negli USA. Le previsioni sono estese alla totalità dei Paesi OCSE, con risultati che variano dal 6% di Corea del Sud ed Estonia al 12% di Germania e Austria; l'Italia si attesterebbe intorno al 10%. La variabilità di queste prime stime è segno dell'elevato grado di incertezza che ruota attorno a questo tema.

Per il caso italiano, un altro studio interessante è l'analisi compiuta dall'Osservatorio delle competenze digitali, a cui collaborano l'Agenzia per l'Italia Digitale e il Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca (MIUR), che propone una doppia lettura, su base nazionale, guardando sia al settore ICT sia ai non professionisti dell'ICT, con la convinzione che "un'evoluzione delle 'competenze digitali per tutti i lavoratori' genera un miglioramento del dialogo tra specialisti ICT e altri interlocutori aziendali, un arricchimento del rapporto, condivisione di conoscenze e saperi, consapevolezza sulle potenzialità dell'innovazione"⁵.

Indipendentemente dal calcolo delle professioni a rischio, infatti, la situazione del nostro Paese appare arretrata anche solo in tema di diffusione delle competenze digitali tra la popolazione adulta. Secondo uno studio OCSE (OECD, 2016), infatti, l'Italia condivide con Spagna e Polonia la più alta percentuale di individui con nessuna esperienza nell'uso del computer e anche tra i lavoratori la quota di coloro che utilizzano quotidianamente le tecnologie ICT rimane tra le più basse. Le imprese italiane che richiedono elevate competenze in questi domini sono ancora poche, cosicché il rischio sembra più quello di rimanere esclusi dai processi di automazione e avanzamento produttivo, piuttosto che vederci "sostituire" dai robot.

Per questo, è necessario monitorare l'avanzamento degli investimenti in tecnologie del nostro sistema produttivo, anche tenendo conto delle specificità settoriali e territoriali. Per la Toscana occorre colmare un vuoto di analisi dei processi di trasformazione intercorsi negli anni post-crisi nelle imprese medio-grandi e piccole, nazionali e multinazionali. Le possibilità offerte dalle nuove tecnologie travalicano i confini dell'industria manifatturiera, e possono stimolare la crescita di quelle imprese che saranno in grado di immaginare una trasformazione sistemica del proprio business⁶ (Fantoni *et al.*, 2017). Questo aspetto risulta intimamente legato ai fabbisogni professionali che tali trasformazioni innescheranno dal punto di vista delle imprese coinvolte, facendo pressione sulla capacità delle istituzioni formative di rispondere alle nuove sfide.

⁴ Per applicare le percentuali di suscettibilità elaborate da Frey e Osborne al mercato del lavoro italiano, lo studio assume che "le occupazioni nei due Paesi siano equivalenti in termini di contenuti e di mansioni svolte e presentino le medesime caratteristiche" (The European House-Ambrosetti, 2017, p. 71).

⁵ Osservatorio delle competenze digitali (2015), disponibile in <http://www.assinform.it/Pubblicazioni/Osservatorio-Delle-Competenze-Digitali.kl>.

⁶ L'IRPET sta svolgendo una serie di analisi relative proprio a ricostruire il profilo del sistema produttivo toscano in termini di modelli organizzativi, investimenti in tecnologie, gestione delle risorse umane, aderenza al paradigma 4.0. Dopo una prima ricognizione di tipo qualitativo, effettuata con il contributo del Consorzio universitario in ingegneria per la qualità e l'innovazione (QUINN), che ha prodotto due risultati (<http://www.irpet.it/archives/40119> e <http://www.irpet.it/archives/48984>), sono in corso due indagini, una sulle medio e grandi imprese nazionali e multinazionali, una sulle piccole imprese con sede in Toscana, statisticamente rappresentative anche dei principali settori produttivi.

Ritornando alla questione dell'impatto della Quarta rivoluzione industriale sul lavoro e cercando di fare il punto sulle ricerche che si sono moltiplicate nell'ultimo periodo, la gran parte di esse sembra orientata a stabilire il rischio di automazione delle professioni e quindi di sostituzione dell'uomo da parte della macchina. I principali limiti di queste analisi sono, in sintesi, quello di restituire una grande variabilità di risultati, spesso determinati dal tipo di approccio utilizzato, sia negli studi di *foresight* che in quelli retrospettivi⁷; quello di offrire un quadro al più nazionale ma non adattato ai diversi contesti territoriali; quello di basarsi su una visione statica delle mansioni descritte per le singole professioni, soprattutto a causa della scarsa disponibilità di banche dati dinamiche sulle conoscenze, le competenze e le abilità dei lavoratori, difficilmente superabile, soprattutto per il caso italiano. Il rischio è inoltre di semplificare troppo i risultati delle analisi, elencando le professioni del futuro, oppure esaltando il ruolo delle *soft skills* (*problem solving*, *teamworking*, intelligenza sociale), o ancora affermando che i professionisti con diploma di Belle Arti o diploma di Conservatorio saranno quelli meno sostituibili in futuro per la rilevanza assunta dalle capacità creative nel determinare la minore automatizzabilità. A quali implicazioni di policy possono portare queste affermazioni?

Trattandosi di un processo in corso, aperto, che vede il contesto nazionale e regionale non uniformemente collocato, lo sforzo deve essere quello, in primo luogo, di sviluppare un modello di analisi dei fabbisogni professionali⁸ in grado di: (i) classificare conoscenze, competenze, abilità e attività svolte, per poter comprendere come esse caratterizzano le diverse figure professionali all'interno di un contesto lavorativo; (ii) comprendere come sono cambiate nel corso del tempo; e (iii) attribuire alle figure professionali un peso in termini di unità di lavoro e persone coinvolte, valutando anche i contratti e i salari percepiti.

L'approccio più convincente per svolgere questo tipo di analisi sembra quello proposto da David H. Autor e colleghi, in tempi in cui ancora non si parlava di Quarta rivoluzione industriale, e poi successivamente ripreso dagli stessi autori (Autor *et al.*, 2003; Levy, Murnane, 2004; Autor, Price, 2013; Autor, 2013; Autor, 2015) oltre che da Frey e Osborne.

Laddove le analisi convenzionali utilizzavano il titolo di studio degli occupati come approssimazione del contenuto di competenze in una determinata occupazione, viene proposta una distinzione tra *skills* e *tasks*, questi ultimi intesi come unità di lavoro in cui è scomponibile una determinata attività volta a produrre un output. Le competenze sono incorporate nei lavoratori e servono per svolgere determinati *tasks*. L'utilizzo di una combinazione di *skills* necessaria per eseguire un *task* è decisa dall'organizzazione del lavoro e può variare. Per di più, un *task* può per sua natura essere svolto da una persona (in loco o lontano dal luogo di produzione), da una macchina o dall'interazione uomo-macchina. È chiaro come tale distinzione permetta di specificare l'impatto dell'introduzione di tecnologie sulla divisione del lavoro, intervenendo sulla domanda di competenze e sulle scelte localizzative delle imprese⁹. In particolare, gli autori classificano i *tasks* in routinari e non

⁷ Tra i principali studi di *foresight* ci sono quelli già precedentemente menzionati di Frey e Osborne (2017) e Arntz *et al.* (2016). Tra gli studi retrospettivi, interessati cioè a ricostruire la dinamica passata, Acemoglu e Restrepo (2017) mostrano effetti negativi dell'automazione sui posti di lavoro, laddove Autor *et al.* (2015) e Graetz, Michaels (2015) non trovano invece conseguenze significative. Gregory *et al.* (2016) sottolineano la presenza di un impatto positivo.

⁸ Si sottolinea che la scelta metodologica è quella di partire dalle competenze per poi risalire alle professioni, piuttosto che il contrario. Questo comporta uno sforzo di codificazione e classificazione delle competenze e dei compiti svolti, che, in questo lavoro, trova una prima applicazione ma che sarà oggetto di futuri approfondimenti.

⁹ Non si tratta infatti solamente di sostituire il lavoro umano con quello delle macchine, ma anche di poter esternalizzare mansioni codificate in altre imprese e in altri Paesi in cui i costi di produzione risultano più bassi (ad esempio, quelli legati al lavoro o al rispetto delle norme). Si veda per esempio Blinder (2009) e Blinder, Krueger (2013).

routinari, manuali o cognitivi (tabella 1), riuscendo ad articolare gli effetti del processo di computerizzazione dell'economia. La routinarietà è una dimensione trasversale rispetto a quella manuale-cognitiva, ed è utilizzata per determinare il grado di sostituibilità e complementarietà dell'uomo con la macchina.

Tabella 1. Classificazione dei *tasks* (compiti) svolti da un lavoratore

	Routinario	Non routinario
Manuale	Routinario-manuale – esempio: condurre un macchinario tradizionale	Non routinario-manuale – esempio: produrre un pezzo unico artigianale; accudire una persona
Cognitivo	Routinario-cognitivo – esempio: tenere la contabilità, inserire dati	Non routinario-cognitivo – esempio: coordinare il personale; pretendere decisione sulla base di informazioni scarse; utilizzare sapere esperto

Fonte: Elaborazione IRPET da Autor *et al.* (2003) e Autor, Price (2013).

Levy e Murnane, in un lavoro del 2004, specificano meglio il significato di questa variabile evidenziando il concetto di codificabilità: più un'attività è traducibile in operazioni semplici e ripetitive, logicamente ordinate in modo da garantire la qualità dell'output, più essa può essere svolta dal computer o esternalizzata in luoghi dove il costo del lavoro e della produzione sono inferiori. Ciò dipende naturalmente da un calcolo anche economico: considerando la disponibilità di una tecnologia e il costo di produzione di un determinato bene non è detto che l'impresa scelga di investire in nuovi macchinari, soprattutto se il fattore lavoro è disponibile a basso costo. Gordon (2016) in effetti ben argomenta come l'aumento della pressione salariale negli USA in seguito al *New Deal* abbia costituito un incentivo determinante per le imprese nella sostituzione di lavoro con capitale nell'epoca d'oro del capitalismo.

Autor e colleghi classificano i *tasks* basandosi sulle diverse versioni del *Dictionary of Occupational Titles* e associano a essi il numero di occupati dai censimenti americani, a seguito di un complesso lavoro di riclassificazione e raccordo tra attività e professioni. Il risultato è l'identificazione di alcuni trend storici (dagli anni Sessanta fino al 2010), che, con cautela, possiamo ritenere validi per tutti i Paesi occidentali (Autor, Price, 2013): il declino senza sosta delle attività routinarie sia manuali che cognitive; la lieve ripresa a partire dagli anni Duemila, dopo un forte decremento, delle attività manuali non routinarie; e la sostanziale tenuta, dopo l'impennata degli anni Novanta, delle attività non routinarie di tipo sia cognitivo che interpersonale, ma senza particolari sviluppi nel periodo a noi più vicino.

Da un altro punto di vista, le attività che risultano non facilmente sostituibili si riferiscono alla componente tacita e non esplicitabile della conoscenza, partendo dal presupposto che “conosciamo molto più di ciò che riusciamo a dire” (Polanyi, 1966, p. 4), perché l'individuo che detiene certi saperi non è pienamente cosciente di possederli, ma li utilizza nello svolgimento di determinate attività. Il trasferimento di questo tipo di conoscenza avviene grazie a interazione e fiducia, garantita da una prossimità relazionale. Il concetto di conoscenza tacita è stato ampiamente utilizzato anche nella letteratura italiana sull'innovazione

dei sistemi di piccola impresa e sui distretti industriali, in cui uno dei principali vantaggi competitivi è rappresentato proprio dalla diffusione di conoscenze esperte implicite, maturate nell'ambito di un processo di produzione-conversione-circolazione, il cui contenuto viene socializzato grazie alla prossimità fisica legata alla dimensione comunitaria (Becattini, Rullani, 1993).

Nel linguaggio di Levy e Murnane, che si fermano a una prospettiva di tipo individuale, i *tasks* non codificabili presuppongono il riconoscimento di modelli complessi, il coordinamento di pensiero-azione (sia a livello visivo che fisico-motorio), la risoluzione di problemi che necessitano di un sapere esperto e specialistico, e i compiti relativi a processi di comunicazione complessa fatta di spiegazioni, negoziazioni, persuasione, interazione umana (Levy, Murnane, 2004). In questo senso, "routinario" diviene sinonimo di "codificabile" e quindi "automatizzabile".

Questo passaggio logico si avvicina al tentativo di Frey e Osborne (2017) di identificare i cosiddetti *engineering bottlenecks*, per aggiornare l'approccio di Autor e colleghi alla luce degli avanzamenti tecnologici propri della Quarta rivoluzione industriale. Se, in effetti, siamo di fronte a una "nuova era delle macchine", come alcuni autori sostengono (Brynjolfsson, McAfee, 2014; Skidelsky, 2013; Freeman, 2015), essa si sostanzia nel perfezionamento di strumenti che permettono di sostituire attività in passato non codificabili, grazie ad esempio al *machine learning* e alla *mobile robotics*, ampliando la gamma dei *tasks* sostituibili. Le attività ancora difficilmente eseguibili da parte delle macchine fanno riferimento, secondo Frey e Osborne, all'area della percezione e della manipolazione, all'intelligenza creativa e all'intelligenza sociale, quindi in realtà non molto diverse dalla definizione di attività non routinarie/non codificabili adottata da Autor e colleghi.

Nella letteratura di riferimento, l'elemento più citato è la stima di Frey e Osborn della "probabilità di computerizzazione" (l'ormai noto 47%) delle professioni statunitensi a rischio di sostituzione. Interessanti ai nostri fini sono soprattutto le limitazioni del loro approccio, identificate dagli stessi autori, che vale la pena ricordare. In primo luogo, come già ricordato, l'adozione delle tecnologie e la loro pervasività dipende da un calcolo economico dell'impresa, relativo al rapporto tra costo del lavoro e costo dell'investimento in capitale fisso, e non solo dalla loro disponibilità, seppur a minor prezzo rispetto al passato. In secondo luogo, un ruolo fondamentale sarà rivestito dalla politica e dalle politiche che potranno incentivare o rallentare l'adozione delle tecnologie. Rimane inoltre difficile cogliere le differenze interne alle professioni e come verranno impiegate le risorse liberate da compiti svolti dalle macchine. Per esempio, lo studio di The European House-Ambrosetti (2017) stima che per ogni nuovo posto in tecnologia, scienze della vita e ricerca scientifica saranno generati – tra diretti, indiretti e indotti – 2,1 nuovi posti di lavoro. Infine, se le capacità delle macchine sono progressive, possiamo attenderci un ulteriore ampliamento degli ambiti di azione in cui i robot potranno sostituire l'uomo¹⁰, superando così anche i colli di bottiglia identificati da Frey e Osborne.

In definitiva, quindi, per valutare il rischio di sostituibilità delle attività del lavoratore con la macchina rimane valido il tentativo di rilevare il grado di automazione/automatizzabilità, che in parte coincide con l'esistenza di *tasks* ripetitivi e codificabili, in

¹⁰ Si pensi a e-David, il "robot pittore", i cui quadri vengono creati non solo dal programmatore, ma anche grazie al risultato di un processo di ottimizzazione visiva (<https://vimeo.com/68859229>).

parte acquista nuovo significato alla luce delle tecnologie caratteristiche del paradigma Industria 4.0 e del processo di digitalizzazione. In questo senso diventa irrinunciabile passare per le competenze, intese in senso ampio (*skills* e *abilities*) che permettono alla figura professionale in oggetto di svolgere i propri compiti e raggiungere determinati obiettivi.

3. IL LAVORO DI FRONTE ALLA SFIDA DELLA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE: UNA PROPOSTA DI ANALISI¹¹

Alla luce della sintetica ricostruzione della letteratura sopra effettuata, proponiamo un modello di analisi incentrato su due dimensioni: (i) grado di automazione/sostituzione delle attività; e (ii) aderenza al paradigma Industria 4.0 delle competenze.

La prima dimensione riprende l'approccio per *tasks* teorizzato da Autor e colleghi, e aiuta a classificare le attività svolte nelle singole professioni per livello di automazione e importanza dei compiti ripetitivi, come approssimazione di quei compiti più facilmente sostituibili. Si tratta, quindi, di un doppio aspetto: da una parte, quanto un'attività è svolta automaticamente e quindi presumibilmente con l'aiuto di macchine, e, dall'altra, quanto essa è caratterizzata da compiti ripetitivi e quindi potenzialmente sostituibili¹².

La seconda dimensione riguarda invece il livello di aderenza al paradigma di Industria 4.0, che, in un primo momento, può essere tradotto come pervasività nell'utilizzo di conoscenze e competenze digitali, ma successivamente sarà meglio articolato mediante un'analisi *ad hoc* compiuta grazie al contributo del QUINN e dal Dipartimento di ingegneria civile e industriale (DICI) dell'Università di Pisa¹³.

L'incrocio (fig. 2) di queste due dimensioni analitiche permette, in primo luogo, di prendere in considerazione oltre al concetto di sostituibilità/automazione, anche quello di complementarità rispetto all'utilizzo di tecnologie 4.0. Ad esempio, nel gruppo 2, dovrebbero collocarsi quelle figure professionali caratterizzate da competenze e mansioni tipiche del paradigma 4.0, ma con compiti non automatizzabili e quindi strategiche nel processo di digitalizzazione. Il gruppo 3 esplicita invece tutte quelle professioni ritenute sostituibili dalle analisi incentrate sull'impatto dell'avvento della nuova era delle macchine. In seconda battuta, così procedendo, si evidenzia l'esistenza di professioni lontane dal paradigma di Industria 4.0, che possono però essere caratterizzate da gradi differenti di routinarietà/codificabilità, anche indipendenti dal processo di digitalizzazione.

¹¹ Si rimanda a un precedente lavoro IRPET intitolato *I fabbisogni di competenze 4.0 del sistema produttivo toscano* per una prima esplorazione della domanda e dell'offerta di figure professionali 4.0, al fine di identificare un quadro di sfondo della situazione regionale.

¹² Come già specificato, la sostituzione del lavoratore che svolge determinati compiti può avvenire per mezzo di macchine o tramite esternalizzazione di quei compiti ad altri lavoratori (meno costosi). Può configurarsi però anche la situazione per cui il lavoratore, liberato da *tasks* ripetitivi, viene impiegato in attività di altro tipo.

¹³ Maggiori informazioni sono disponibili in <http://www.irpet.it/archives/49488>.

Figura 2. Distribuzione teorica delle figure professionali a seconda del loro grado di automazione/sostituibilità e di aderenza al paradigma Industria 4.0.

Livello di automazione/sostituibilità	Gruppo 4 Alta automazione e bassa aderenza al paradigma Industria 4.0	Gruppo 3 Alta automazione e alta aderenza al paradigma Industria 4.0
	Gruppo 1 Bassa automazione e bassa aderenza al paradigma Industria 4.0	Gruppo 2 Bassa automazione e alta aderenza al paradigma Industria 4.0
	Aderenza al paradigma Industria 4.0	

A partire da questo modello, una volta classificate le professioni in base alla loro aderenza al paradigma Industria 4.0 e al loro livello di automazione, sarà possibile contestualizzare il loro peso nel mercato del lavoro italiano e regionale, utilizzando i microdati delle Rilevazioni continue sulle forze di lavoro dell'Istituto nazionale di statistica (Istat) e quelli delle Comunicazioni obbligatorie del Sistema informativo della Regione Toscana.

Come procedere nell'identificazione dei valori dei due indici per ogni professione?

Le principali ricerche internazionali citate utilizzano il database O*NET, la fonte ufficiale di informazioni statunitense sulle professioni. O*NET, aggiornato a più riprese nel corso degli anni grazie all'aiuto di esperti di vario tipo e di interviste ai lavoratori, fornisce una vasta quantità di informazioni sulle conoscenze, le competenze, le attività svolte mediamente in ciascuna delle 974 occupazioni. Tali informazioni sono articolate in un set di variabili misurabili chiamate "descrittori", suddivise in sei domini riguardanti il lavoro e il lavoratore. L'elemento interessante del database, oltre al suo costante aggiornamento, è il collegamento con i dati sull'occupazione e sui salari¹⁴.

Per l'Italia, il principale punto di riferimento nell'analisi delle professioni è il Sistema informativo sulle professioni, progetto ideato da ISFOL e Istat, per valorizzare il patrimonio di dati statistici e/o amministrativi riguardanti le professioni che diversi soggetti, in prevalenza istituzioni pubbliche, producono con finalità di vario genere.

¹⁴ Una banca dati che non verrà per il momento tenuta in considerazione è il PIAAC, un programma ideato dall'OCSE, a cui anche l'Italia aderisce. L'indagine ha lo scopo di conoscere attraverso un questionario e dei test cognitivi specifici le abilità fondamentali della popolazione adulta compresa tra i 16 e i 65 anni, ovvero quelle competenze ritenute indispensabili per partecipare attivamente alla vita sociale ed economica. Essa fornisce quindi informazioni sulle competenze fondamentali degli adulti – definite dall'OCSE *foundation skills* – e in particolare sulla lettura (*literacy*), sulle abilità logico-matematiche (*numeracy*) e sulle competenze collegate all'ICT, oltre a indicazioni sull'uso che gli adulti fanno di esse nell'attività lavorativa.

Esso raccoglie informazioni qualitative e dati statistici sulle 800 unità professionali classificate secondo l'ISCO, corrispondente al codice professionale 2011 dell'Istat (CP2011). Più precisamente, per singola professione al massimo livello di disaggregazione (noto come "5-digit level"), il sistema fornisce circa 450 punteggi di importanza e complessità relativi a conoscenze, competenze, abilità, valori, attività, stili e condizioni di lavoro. Quest'articolazione corrisponde perfettamente a quella utilizzata da O*NET, permettendo quindi una comparazione tra le variabili disponibili. I dati italiani sono stati raccolti mediante un'indagine nazionale sulle professioni, la cui prima edizione si è conclusa a fine 2007, mentre la seconda a fine 2012¹⁵. Se le singole informazioni disponibili sulle professioni sono quindi comparabili, rispetto a O*NET il sistema informativo ISFOL-Istat risulta statico, fotografando la condizione italiana aggiornata al 2012. Rimane comunque una base dati ricchissima, grazie alla quale è possibile operationalizzare il grado di automazione/sostituibilità e l'aderenza al paradigma Industria 4.0.

3.1. Automazione/Sostituibilità e aderenza al paradigma 4.0: una fotografia delle professioni in Italia e negli USA

Per provare a classificare le professioni secondo il loro grado di automazione/sostituibilità, da una parte, e di aderenza al paradigma Industria 4.0, dall'altra, si procederà con la creazione di due indici sintetici a partire da una serie di variabili in grado di richiamare i due concetti.

Per quanto riguarda l'indice relativo all'aderenza al paradigma Industria 4.0, ovviamente è assente ogni riferimento esplicito nelle informazioni fornite da ISFOL-Istat e O*NET, per cui, in questa prima fase, sarà approssimato al concetto di conoscenze/competenze digitali facendo riferimento alle seguenti variabili e verrà denominato "indice di competenze digitali":

- B9: "Informatica ed elettronica"/"Computer and Electronics";
- B31: "Telecomunicazioni"/"Telecommunication";
- C22: "Programmare"/"Programming";
- G19: "Lavorare con il computer"/"Interacting with Computers".

Sia ISFOL che O*NET forniscono per ciascun indicatore due misure con un punteggio specifico per professione a 5 *digits*: (i) *importanza* (esemplificabile con le categorie non importante, poco importante e importante); e (ii) *livello* (esemplificabile con scale che dipendono dai singoli indicatori, quindi non comparabili). Importanza e livello risultano correlate positivamente, per cui, ci baseremo sul livello di importanza.

Per calcolare l'indice relativo al grado di automazione/sostituibilità ("indice di automazione") prenderemo invece a riferimento i seguenti indicatori, entrambi misurati in modo univoco da un'unica scala:

- H49: "Livello di automazione"/"Degree of Automation";
- H51: "Importanza e centralità dei compiti ripetitivi"/"Importance of repeating some Tasks".

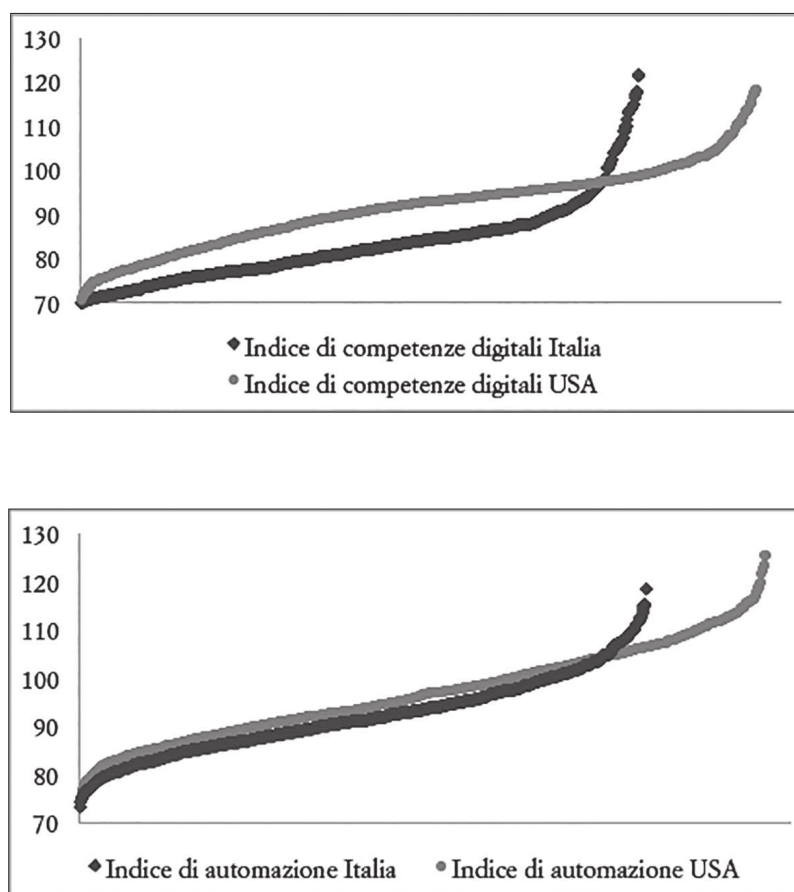
I due indici sono stati costruiti seguendo l'esempio di Mazziotta e Pareto (2007)¹⁶, in modo da ottenere due variabili sintetiche, che assumono un valore per ognuna delle 796 professioni ISCO presenti nel Sistema informativo ISFOL e delle 964 professioni di O*NET, classificate secondo la SOC, compreso tra 70 e 130.

¹⁵ Maggiori informazioni sono disponibili in http://fabbisogni.isfol.it/documenti/it/met_campionaria_2014.pdf.

¹⁶ Si veda Box 1.

Nella figura 3 sono riportati i grafici che rappresentano la distribuzione in quantili dei due indici sintetici per l'Italia e per gli USA. Essi restituiscono un quadro differenziato dei due Paesi, soprattutto per quanto riguarda la diffusione delle competenze digitali. Esse risultano infatti poco presenti tra le figure professionali italiane, poiché soltanto nell'ultima parte della distribuzione ordinata si ritrovano valori significativi dell'indice. Diversa la situazione statunitense, dove tali competenze, conoscenze e attività risultano endemiche. L'andamento dell'indice di automazione/sostituibilità, che sintetizza il peso di quelle attività ripetitive e già automatizzate, appare omogeneo per i due Paesi, anche se più pervasivo per gli USA.

Figura 3. Distribuzione dell'indice di competenze digitali e di automazione/sostituibilità in Italia e negli USA



Box 1. Adjusted Mazziotta-Pareto Index (AMPI)

La metodologia per la costruzione di un indice sintetico prevede le seguenti fasi:

- (i) definizione del fenomeno oggetto di studio;
 - (ii) selezione degli indicatori elementari;
 - (iii) standardizzazione degli indicatori elementari;
 - (iv) ponderazione e aggregazione degli indicatori standardizzati in uno o più indici sintetici.
- Per costruire gli indici sintetici di competenze digitali e di automazione/sostituibilità ci siamo serviti dell'AMPI, il quale utilizza il metodo delle penalità per coefficiente di variazione.

Tale metodo consente di costruire una misura sintetica degli indicatori elementari, nell'ipotesi che ciascuna componente del fenomeno oggetto di studio non sia sostituibile con le altre o lo sia solo in parte; tale approccio è detto anche non compensativo (Mazziotta e Pareto, 2007).

L'indice sintetico utilizzato è una variante del Mazziotta-Pareto Index (MPI), basata su una trasformazione minimo-massimo anziché in scarti standardizzati (*z-score*).

La trasformazione minimo-massimo si basa su due *goalposts*: un minimo e un massimo che rappresentano il possibile campo di variazione di ciascun indicatore per tutto il periodo considerato e tutte le unità.

Standardizzazione

Data la matrice originaria dei dati $X=\{x_{ij}\}$, si costruisce la matrice standardizzata $R=\{r_{ij}\}$, in cui:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \text{Min}_{ij}}{(\text{Max}_{x_j} - \text{Min}_{x_j})} 60 + 70$$

dove:

x_{ij} è il valore dell'indicatore j nell'unità i , Min_{x_j} e Max_{x_j} sono il minimo e il massimo dei valori degli indicatori x_j , i valori r_{ij} sono compresi nell'intervallo 70-130.

Aggregazione

L'indice sintetico dell'unità i si ottiene mediante la formula:

$$\text{AMPI}_i = M_{ri} - S_{ri} cv_i$$

dove:

$$cv_i = \frac{S_{ri}}{M_{ri}}; \quad M_{ri} = \frac{\sum_{j=1}^m r_{ij}}{m}; \quad S_{ri} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - M_{ri})^2}{m}}$$

Quindi, l'AMPI si compone di due parti:

- l'effetto "medio" (M_{ri});
 - l'effetto "penalità" (S_{ri} , cv_i).
-

Procedendo nell'analisi, (i) distribuiremo le figure professionali al massimo grado di specificazione nello spazio cartesiano, incrociando i due indici; (ii) identificheremo i quattro gruppi derivanti dall'incrocio dei valori dei due indici sintetici rispetto a una soglia prestabilita, come indicato precedentemente in figura 2; e (iii) collegheremo alle figure professionali così classificate i valori dell'occupazione disponibili grazie alle Rilevazioni continue sulle forze di lavoro dell'ISTAT e alle Labor Force Statistics dello U.S. Bureau of Labor Statistics, per capire quanto effettivamente pesano le professioni in termini di persone.

(i)

Le distribuzioni differenziate dei due indici osservate in figura 3 si riflettono nei diversi indici di correlazione tra le variabili, per l'Italia e per gli USA. Nel nostro Paese, infatti, essi correlano negativamente, indicando un rapporto inverso tra automazione/sostituibilità e presenza di competenze, conoscenze e attività digitali, mentre nel caso statunitense la correlazione appare positiva (fig. 4). Si può ipotizzare che tale andamento inverso sia il segno, nel caso statunitense, di un più precoce avvento e di una maggiore pervasività dei processi di digitalizzazione. Per l'Italia, invece, livelli diffusi di automazione/sostituibilità non sembrano dovuti alla sostituzione di certi compiti e mansioni da parte dei computer e delle nuove macchine, quanto piuttosto a un'organizzazione più arretrata del lavoro, in cui scarso è l'utilizzo di tecnologie digitali. In questo senso Industria 4.0 appare ancora un miraggio.

I grafici presentati in figura 4 mostrano la distribuzione delle professioni secondo i valori assunti dai due indici sintetici. Per semplificare la lettura, le figure professionali sono colorate in base al primo livello delle tassonomie ISCO e SOC, quello di massima sintesi, composto da otto¹⁷ grandi gruppi professionali per l'Italia e da 22¹⁸ per gli USA¹⁹. In questo modo, appare visibile, soprattutto per il caso italiano, come le professioni intellettuali, scientifiche e a elevata specializzazione siano anche quelle caratterizzate da una maggiore presenza di competenze digitali e un minor grado di automazione, insieme alle figure dirigenziali e imprenditoriali, che però tendono a un profilo meno tecnologico, e a una parte di tecnici, sebbene essi posseggano in alcuni casi un profilo di mansioni più ripetitive e codificabili. I conduttori di macchine, gli operai ai macchinari fissi e i conducenti, nella fotografia delle professioni italiane poco digitalizzate, risultano però svolgere attività più automatizzate, similmente a quelle non qualificate, che in alcuni casi sono riconducibili alle professioni più relazionali²⁰ e appaiono anche meno routinarie.

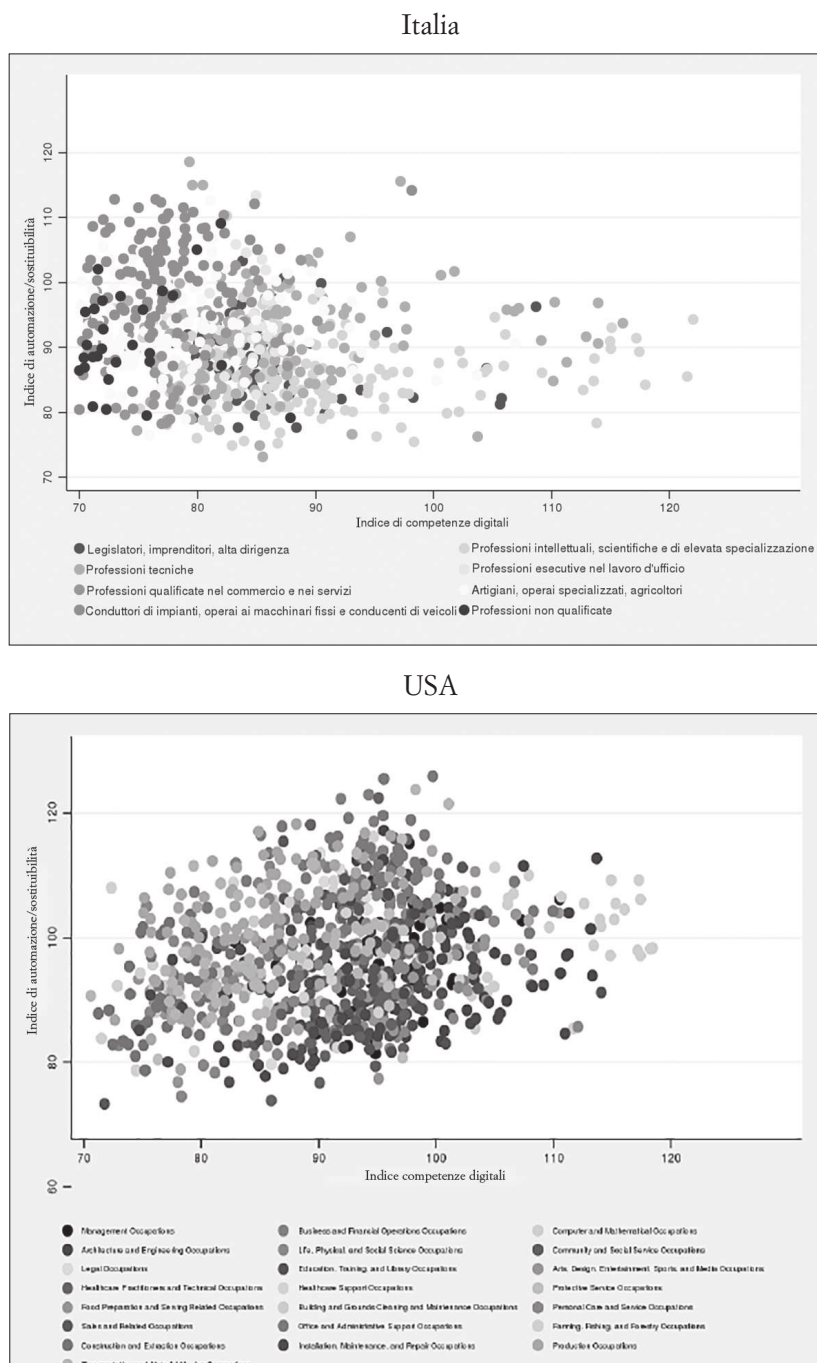
¹⁷ (i) Legislatori, imprenditori, alta dirigenza; (ii) professioni intellettuali, scientifiche e di elevata specializzazione; (iii) professioni tecniche; (iv) professioni esecutive nel lavoro di ufficio; (v) professioni qualificate nelle attività commerciali e nei servizi; (vi) artigiani, operai specializzati, agricoltori; (vii) conduttori di impianti, operai ai macchinari fissi e conducenti di veicoli; (viii) professioni non qualificate.

¹⁸ Management Occupations; Business and Financial Operations; Computer and Mathematical Occupations; Architecture and Engineering Occupations; Life, Physical, and Social Science Occupations; Community and Social Service Occupations; Legal Occupations; Education, Training, and Library Occupations; Arts, Design, Entertainment, Sports, and Media Occupations; Healthcare Practitioners and Technical Occupations; Healthcare Support Occupations; Protective Service Occupations; Food Preparation and Serving Related Occupations; Building and Grounds Cleaning and Maintenance Occupations; Personal Care and Service Occupations; Sales and Related Occupations; Office and Administrative Support Occupations; Farming, Fishing, and Forestry Occupations; Construction and Extraction Occupations; Installation, Maintenance, and Repair Occupations; Production Occupations; Transportation and Material Moving Occupations.

¹⁹ Sono escluse dall'analisi, in entrambi i casi, le forze armate.

²⁰ Personale sanitario, dei servizi alla persona e del commercio.

Figura 4. Distribuzione delle professioni (raggruppate per classificazione a 1 digit) per indice di competenze digitali e di automazione/sostituibilità (Italia e USA)



Penalizzate da questa classificazione risulta la gran parte delle professioni esecutive nel lavoro d'ufficio, poco digitali ma piuttosto ripetitive e routinarie. Per gli USA, si ripropone la maggior strategicità delle professioni scientifiche e di quelle manageriali, il basso profilo digitale ma la scarsa ripetitività delle professioni legate alla cura e all'interrelazione personale, e il maggior rischio di sostituzione delle professioni da ufficio, più digitalizzate delle nostre ma anche altamente automatizzabili.

(ii)

È possibile raggruppare i profili professionali in base al livello di automazione/sostituibilità e importanza delle competenze digitali, in modo da evidenziare con più precisione la distribuzione delle diverse figure. Si propongono qui due soglie, una meno restrittiva rappresentata dalla media aritmetica dei valori degli indici²¹, che riporta la distinzione tra gruppi relativa all'effettiva distribuzione dei valori in Italia e negli USA, una più stringente che invece considera come valore discriminante il livello di importanza attribuito in sede di questionario agli indicatori²². Nella figura 5 sono riportati i risultati della classificazione e la distribuzione percentuale delle figure professionali per l'Italia e per gli USA, riportando nelle tabelle il massimo livello di aggregazione per facilitarne la lettura.

Si osservi, prima di tutto, la distribuzione dei due indici sintetici rispetto al livello generale di importanza. Questo criterio aggrega le figure professionali ponendo come limite la soglia più discriminante, in cui il valore attribuito agli indicatori relativi all'utilizzo di competenze digitali e all'automazione e routinarietà delle attività svolte sia considerato dagli intervistati "importante", "molto importante" o "di assoluta importanza", al di là della distribuzione effettiva dei valori degli indici. In tal caso, le professioni con valori importanti o più risultano in numero limitato, soprattutto nel caso dell'indice di competenze digitali. Ciò vale in particolar modo per l'Italia, in cui le professioni appartenenti al gruppo 3 (alto livello di automatizzabilità e alto livello di competenze digitali) risultano soltanto 2²³, mentre quelle del gruppo 2 (basso livello di automazione/sostituibilità e alto indice di competenze digitali) 43²⁴. Anche per gli USA, la soglia dell'importanza appare discrimi-

²¹ Rispetto alla media aritmetica, è stato testato anche l'utilizzo della mediana, che comporta variazioni minime nella composizione dei gruppi.

²² Nel questionario sottoposto a lavoratori ed esperti per rilevare l'importanza di conoscenze, competenze, abilità, attività ecc., ISFOL e O*NET utilizzano una scala che va da 1 a 5 così articolata: 1 = non importante; 2 = appena importante; 3 = importante; 4 = molto importante; e 5 = di assoluta importanza. Riportando questa scala sui nostri indici che variano da 70 a 130, possiamo ritenere come importanti i valori superiori a 100.

²³ Tecnici delle trasmissioni radio-televisive e Tecnici del montaggio audio-video-cinematografico, entrambi con valori degli indici molto prossimi al 100.

²⁴ Direttori e dirigenti generali di aziende nei servizi informatici e di telecomunicazione; Direttori e dirigenti del dipartimento servizi informatici; Direttori e dirigenti del dipartimento ricerca e sviluppo; Imprenditori e responsabili di piccole aziende nei servizi informatici e di telecomunicazione; Fisici; Matematici; Analisti e progettisti di software; Analisti di sistema; Analisti e progettisti di applicazioni web; Specialisti in reti e comunicazioni informatiche; Analisti e progettisti di basi dati; Amministratori di sistemi; Specialisti in sicurezza informatica; Geofisici; Meteorologi; Ingegneri elettrotecnici e dell'automazione industriale; Ingegneri elettronici; Ingegneri progettisti di calcolatori e loro periferiche; Ingegneri in telecomunicazioni; Ingegneri biomedici e bioingegneri; Biofisici; Creatori artistici a fini commerciali (esclusa la moda); Docenti universitari in scienze matematiche e dell'informazione; Docenti universitari in scienze ingegneristiche industriali e dell'informazione; Ricercatori e tecnici laureati nelle scienze fisiche; Ricercatori e tecnici laureati nelle scienze ingegneristiche industriali e dell'informazione; Ricercatori e tecnici laureati nelle scienze economiche e statistiche; Professori di scienze dell'informazione nella scuola secondaria superiore; Tecnici fisici e nucleari; Tecnici programmatori; Tecnici esperti in applicazioni; Tecnici web; Tecnici gestori di basi di dati; Tecnici gestori di reti e di sistemi telematici; Tecnici per le telecomunicazioni; Elettrotecnici; Tecnici elettronici; Tecnici avionici; Tecnici aerospaziali; Tecnici dell'acquisizione delle informazioni; Manutentori e riparatori di apparati elettronici industriali; Installatori e riparatori di apparati di telecomunicazione; Installatori, manutentori e riparatori di apparecchiature informatiche.

nante, sebbene in misura minore rispetto al nostro Paese. Il gruppo più popolato di figure professionali risulta il numero 1 (basso livello di automazione/sostituibilità e basso indice di competenze digitali), a testimoniare che rispetto a tutte le caratterizzazioni disponibili per descrivere una professione, quelle fortemente improntate alle competenze digitali, così come, del resto, quelle davvero automatizzate sono poco numerose.

Figura 5. Identificazione dei gruppi (media e importanza) e distribuzione percentuale delle figure professionali al livello massimo di aggregazione (ISCO e SOC – solo media aritmetica) (Italia e USA)

Italia

Livello di automazione/ sostituibilità	Alto	Gruppo 4 Media: 239 (30%) Importanza: 134 (16,8%)	Gruppo 3 Media: 127 (16%) Importanza: 2 (0,3%)
	Basso	Gruppo 1 Media: 205 (25,8%) Importanza: 617 (77,5%)	Gruppo 2 Media: 225 (28,2%) Importanza: 43 (5,4%)
		Basso	Alto
		Livello di competenze digitali	

USA

Livello di automazione/ sostituibilità	Alto	Gruppo 4 Media: 170 (17,6%) Importanza: 293 (30,4%)	Gruppo 3 Media: 298 (30,9%) Importanza: 66 (6,8%)
	Basso	Gruppo 1 Media: 267 (27,7%) Importanza: 534 (55,4%)	Gruppo 2 Media: 229 (23,8%) Importanza: 71 (7,4%)
		Basso	Alto
		Livello di competenze digitali	

segue

Figura 5. (seguito)

	Gruppo 1	Gruppo 2	Gruppo 3	Gruppo 4
Legislatori, imprenditori, alta dirigenza	28,4%	46,3%	17,9%	7,5%
Professioni intellettuali, scientifiche e di elevata specializzazione	18,9%	67,4%	11,4%	2,3%
Professioni tecniche	23,8%	30,0%	32,5%	13,8%
Professioni esecutive nel lavoro di ufficio	3,3%	33,3%	50,0%	13,3%
Professioni qualificate nelle attività commerciali e nei servizi	54,0%	9,5%	14,3%	22,2%
Artigiani, operai specializzati, agricoltori	31,8%	8,2%	7,1%	52,9%
Conduttori di impianti, operai ai macchinari fissi e conducenti di veicoli	6,8%	0,0%	4,9%	88,3%
Professioni non qualificate	57,1%	3,6%	0,0%	39,3%
	Gruppo 1	Gruppo 2	Gruppo 3	Gruppo 4
Management Occupations	12,5%	35,7%	44,6%	7,1%
Business and Financial Operations Occupations	4,1%	20,4%	69,4%	6,1%
Computer and Mathematical Occupations	0,0%	21,9%	78,1%	0,0%
Architecture and Engineering Occupations	0,0%	47,8%	50,7%	1,4%
Life, Physical, and Social Science Occupations	10,0%	61,7%	25,0%	3,3%

segue

Figura 5. (seguito)

Community and Social Service Occupations	35,7%	35,7%	28,6%	0,0%
Legal Occupations	12,5%	25,0%	37,5%	25,0%
Education, Training, and Library Occupations	30,0%	61,7%	6,7%	1,7%
Arts, Design, Entertainment, Sports, and Media Occupations	32,6%	34,9%	32,6%	0,0%
Healthcare Practitioners and Technical Occupations	23,3%	27,9%	29,1%	19,8%
Healthcare Support Occupations	50,0%	0,0%	22,2%	27,8%
Protective Service Occupations	20,7%	27,6%	44,8%	6,9%
Food Preparation and Serving Related Occupations	76,5%	0,0%	0,0%	23,5%
Building and Grounds Cleaning and Maintenance Occupations	62,5%	0,0%	12,5%	25,0%
Personal Care and Service Occupations	59,4%	6,3%	3,1%	31,3%
Sales and Related Occupations	25,0%	25,0%	37,5%	12,5%
Office and Administrative Support Occupations	1,6%	1,6%	74,6%	22,2%
Farming, Fishing, and Forestry Occupations	64,7%	5,9%	5,9%	23,5%
Construction and Extraction Occupations	73,8%	3,3%	0,0%	23,0%

segue

Figura 5. (seguito)

Installation, Maintenance, and Repair Occupations	42,6%	33,3%	16,7%	7,4%
Production Occupations	28,8%	0,0%	14,4%	56,8%
Transportation and Material Moving Occupations	45,3%	1,9%	24,5%	28,3%

Fonte: elaborazioni IRPET su dati ISFOL-ISTAT e O*NET.

Di qui in avanti, tenendo l'aspetto relativo al livello di importanza come dato di sfondo, ci limiteremo a utilizzare come soglia la media aritmetica, che dà conto della reale distribuzione degli indici sintetici nelle figure professionali dei due contesti.

In Italia, si identificano così insieme abbastanza omogenei nei gruppi 1, 2 e 4 (rispettivamente: basso livello di automazione/sostituibilità e competenze digitali; basso livello di automazione/sostituibilità e alto indice di competenze digitali; basso livello di competenze digitali e alto indice di automazione/sostituibilità).

Il gruppo 3, caratterizzato da un grado di automazione/sostituibilità e di utilizzo di competenze digitali superiori alla media risulta per l'Italia il meno nutrito. In ogni caso, l'Italia si distingue dagli USA per la più scarsa diffusione delle competenze digitali nei profili professionali così come descritti dall'indagine ISFOL-Istat.

Classificando per grandi gruppi, esce inoltre confermato il quadro già osservato nella figura 4. Nel gruppo 1 (basso livello di competenze digitali e di automazione/sostituibilità) troviamo soprattutto le professioni non qualificate e le professioni qualificate nelle attività commerciali e nei servizi, una quota meno elevata di imprenditori e dirigenti e artigiani, operai specializzati e agricoltori. Il gruppo 2 (alto livello di competenze digitali e basso livello di automazione/sostituibilità) si caratterizza per la presenza delle figure dal profilo più elevato, in particolare imprenditori e dirigenti, professioni intellettuali, scientifiche e di elevata specializzazione e professioni tecniche, che ritroviamo però anche nel gruppo 3 (alto livello di competenze digitali e di automazione/sostituibilità) insieme alle professioni esecutive nel lavoro di ufficio, che vi si concentrano per il 50%. Infine, il gruppo 4 (basso livello di competenze digitali e alto livello di automazione/sostituibilità) vede la netta prevalenza di conduttori di impianti, operai ai macchinari fissi e conducenti di veicoli, ma anche la presenza di artigiani, operai specializzati, agricoltori e professioni non qualificate. I grandi gruppi professionali rendono in qualche modo conto della distribuzione degli indici, ma alcuni di essi risultano più trasversali, imponendo un'analisi più dettagliata²⁵.

(iii)

Fin qui i gruppi professionali sono stati analizzati secondo la loro composizione in conoscenze, competenze, attività ecc., indipendentemente dal loro peso effettivo tra gli occupati. Proviamo adesso a collegare le figure alle principali basi dati delle forze lavoro

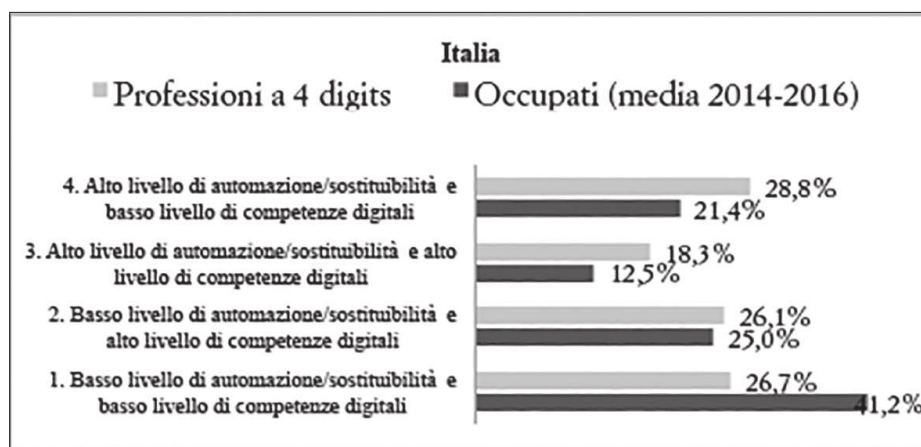
²⁵ Per un elenco delle professioni al massimo livello di disaggregazione e i corrispondenti valori dei due indici sintetici, si veda l'Appendice disponibile nel lavoro accessibile in <http://www.irpet.it/archives/49488>.

italiane, toscane e statunitensi. In questo caso, i dati sono disponibili a un livello più aggregato di figure professionali, in entrambi i Paesi, per cui è stato necessario ricalcolare gli indici sintetici²⁶.

È possibile confrontare i valori dell'occupazione (per Italia, Toscana e USA) con la distribuzione delle professioni nei quattro gruppi identificati. Anche in questo caso utilizziamo come soglia la media aritmetica degli indici (fig. 6).

Italia e Toscana presentano un profilo sostanzialmente sovrapponibile: il gruppo più numeroso, che raccoglie quasi la metà degli occupati, è quello delle figure professionali caratterizzate da basso livello di automazione/sostituibilità e scarsa importanza delle competenze digitali. Il gruppo teoricamente più strategico, ossia quello ad alta digitalizzazione ma bassa routinarietà, è popolato da circa il 25% degli occupati, mentre il più esile rimane il gruppo 3 (ad alta automazione/sostituibilità e alte competenze digitali).

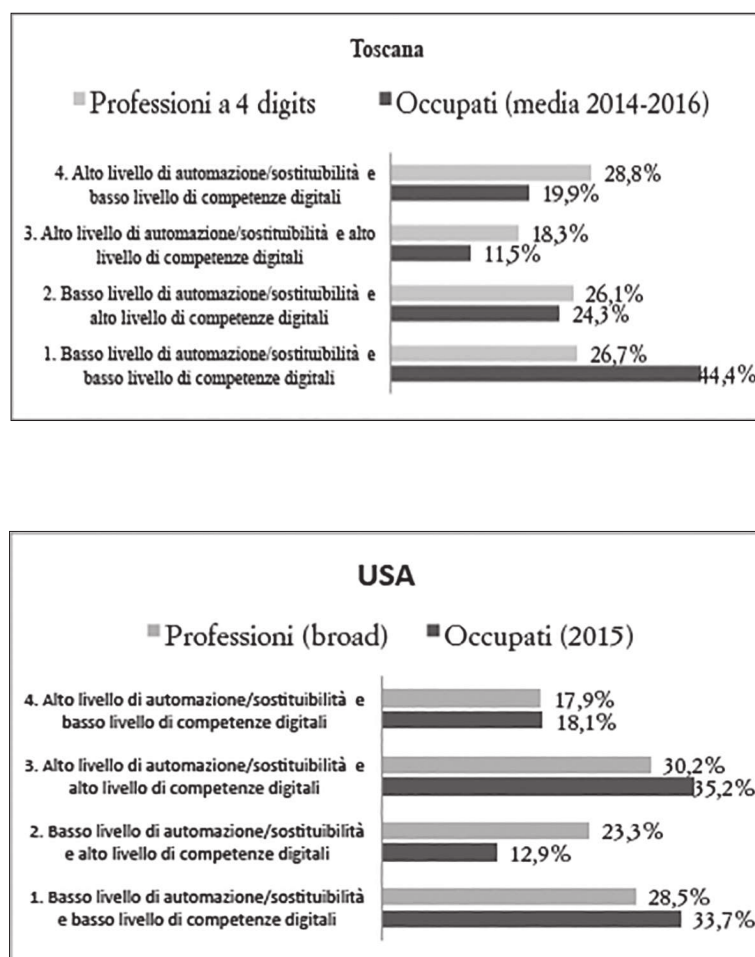
Figura 6. Distribuzione delle professioni e degli occupati, nei quattro gruppi relativi al livello di automazione/sostituibilità e competenze digitali (media) – Italia (occupati: media 2014-2016, Rilevazioni continue sulle forze di lavoro dell'Istat); Toscana (occupati: media 2014-2016, Rilevazioni continue sulle forze di lavoro dell'Istat; avviamenti: Sistema informativo del lavoro (SIL) 2012-2016); USA (occupati e salari 2015, Labor Force Statistics)



segue

²⁶ Dal punto di vista metodologico, questa operazione richiede una riaggregazione delle professioni a 4 *digits* per il caso italiano e dal quarto al terzo livello (da *detailed occupations* a *broad occupations*) nel caso statunitense. Ciò ha comportato un riconteggio dei valori degli indici di automazione/sostituibilità e competenze digitali. Nel caso italiano, gli indici sono stati ricalibrati a partire dai valori degli avviamenti toscani 2012-2016 (media pesata), unico dato per noi disponibile, utilizzato come approssimazione della proporzione delle professioni a 5 *digits* nel mercato del lavoro rispetto al passaggio a 4 *digits*. Ovviamente, si assume che le figure professionali come descritte dai dati ISFOL-Istat per l'Italia corrispondano a quelle della Toscana. Per gli USA, non avendo dati a disposizione, è stata utilizzata una media aritmetica.

Figura 6. (seguito)



Circa il 20% dell'occupazione è infine composta da figure professionali caratterizzate da mansioni ripetitive e automatizzabili in cui la digitalizzazione rimane bassa.

Il profilo dell'occupazione risulta invece diverso per gli USA, dove è proprio il gruppo 3 il più numeroso: circa il 35,2% delle persone è infatti occupata in attività sostituibili e automatizzate dove sono diffuse le competenze digitali. Si conferma quindi la loro maggiore pervasività, ma per un impiego prevalente in compiti routinari. Con gli occupati afferenti al primo gruppo (bassa automazione/sostituibilità – basse competenze digitali) si raggiunge circa il 70% del totale statunitense.

Soffermiamoci sul gruppo 2, quello teoricamente più strategico per il futuro perché caratterizzato da figure professionali con elevate competenze digitali, ma mansioni poco automatizzate e routinarie. Nella tabella 2 sono riportate le prime 10 figure in termini di occupati facenti parte del gruppo 2, per Italia, Toscana e USA.

Tabella 2. Le prime 10 figure professionali in termini di occupati appartenenti al gruppo 2 (Italia, Toscana e USA)

<i>Italia</i>		
Professione a 4 <i>digits</i>	Media occupati 2014-2016	Percentuale sul totale degli occupati
Addetti agli affari generali	638.869	11,6%
Contabili e professioni assimilate	430.840	7,8%
Addetti a funzioni di segreteria	375.038	6,8%
Professori di scuola secondaria superiore	255.901	4,6%
Addetti alla contabilità	227.953	4,1%
Procuratori legali e avvocati	197.739	3,6%
Specialisti in contabilità e problemi finanziari	182.086	3,3%
Tecnici della vendita e della distribuzione	143.386	2,6%
Analisti e progettisti di software	129.102	2,3%
Architetti, pianificatori, paesaggisti e specialisti del recupero e della conservazione del territorio	125.800	2,3%
<i>Peso percentuale delle prime 10 figure professionali sul totale degli occupati</i>		49,02%
<i>Toscana</i>		
Professione a 4 <i>digits</i>	Media occupati 2014-16	Percentuale sul totale degli occupati
Addetti agli affari generali	40.329	10,9%
Contabili e professioni assimilate	28.871	7,8%
Addetti a funzioni di segreteria	25.102	6,8%
Addetti alla contabilità	23.432	6,3%
Professori di scuola secondaria superiore	15.769	4,2%
Procuratori legali e avvocati	11.061	3,0%

segue

Tabella 2. (seguito)

Specialisti in contabilità e problemi finanziari	10.472	2,8%
Sarti e tagliatori artigianali, modellisti e cappellai	9.209	2,5%
Architetti, pianificatori, paesaggisti e specialisti del recupero e della conservazione del territorio	7.774	2,1%
Addetti alla gestione del personale	7.724	2,1%
<i>Peso percentuale delle prime 10 figure professionali sul totale degli occupati</i>		48,4%
USA		
Professione SOC	Occupati 2015	Percentuale sul totale degli occupati
Elementary School Teachers, Except Special Education	1.381.430	7,9%
Secondary School Teachers, Except Special and Career/Technical Education	962.820	5,5%
Automotive Service Technicians and Mechanics	638.080	3,6%
Middle School Teachers, Except Special and Career/Technical Education	632.760	3,6%
Management Analysts	614.110	3,5%
Lawyers	609.930	3,5%
First-Line Supervisors of Construction Trades and Extraction Workers	517.560	2,9%
Managers, All Other	376.440	2,1%
Sales Managers	364.750	2,1%
Sales Representatives, Wholesale and Manufacturing, Technical and Scientific Products	334.010	1,9%
<i>Peso percentuale delle prime 10 figure professionali sul totale degli occupati</i>		36,6%

Fonte: elaborazioni IRPET su dati Istat (Rilevazioni continue sulle forze di lavoro), ISFOL e O*NET.

La differenza tra USA e Italia/Toscana è profonda. Mentre infatti per gli USA troviamo figure che ci potremmo attendere, dagli insegnanti ai manager, ai tecnici automotive ecc. tra le professioni con più competenze digitali, ma meno sostituibili, nel caso di Italia/Toscana ai primi posti troviamo contabili e addetti a funzioni di segreteria, che invece vengono

considerate per lo più automatizzabili nella letteratura internazionale di riferimento. Forse diverso è il ruolo degli addetti agli affari generali, definiti come coloro che “attivano, eseguono e supportano singoli aspetti delle procedure di pianificazione, progettazione, amministrazione e gestione di un’impresa o di un’organizzazione svolgendo compiti di carattere non direttivo”²⁷, il tipo di figura più numerosa in termini di occupati che da sola pesa l’11,6% in Italia e il 10,9% in Toscana. In effetti, la descrizione dipinge un profilo di assistenza avanzata alle decisioni in vari ambiti, che rimane però una funzione non direttiva. Assai meno numerosi, seppure presenti, sono gli artigiani, i liberi professionisti, i docenti, più coerenti con il profilo immaginato. Infine, nessuna figura con tipico profilo digitale o strategico-dirigenziale emerge decisiva dal punto di vista del numero degli occupati, soprattutto in Toscana, dove bisogna scorrere al ventesimo posto per trovare gli “analisti e progettisti di software”, mentre i manager sono in fondo alla lista o, più spesso, nei gruppi 1 e 3.

Per la Toscana, è possibile calcolare gli avviamenti degli ultimi anni (2012-2016) suddividendoli nei quattro gruppi (tabella 3). Al primo, quello più numeroso anche in termini di occupati, si attribuisce quasi il 60% dei contratti avviati, seguito a distanza (23,4%) dal quarto gruppo, quello con basso livello di competenze digitali e alto livello di automazione, quindi del lavoro meno qualificato.

Tabella 3. Totale avviamenti suddivisi per gruppi (Toscana, 2012-2016)

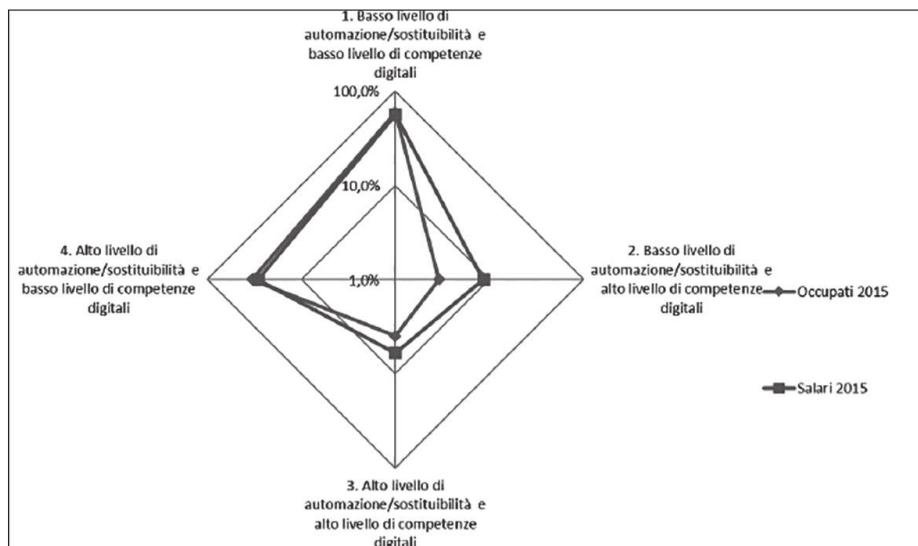
Avviamenti 2012-2016		
	Valore assoluto (v.a.)	Percentuale
1. Basso livello di competenze digitali e di automazione	2.078.880	58,4%
2. Alto livello di competenze digitali e basso livello di automazione	487.970	13,7%
3. Alto livello di competenze digitali e di automazione	160.699	4,5%
4. Basso livello di competenze digitali e alto livello di automazione	833.011	23,4%

Fonte: elaborazioni IRPET dati ISFOL e SIL.

Come accennato, O*NET fornisce anche i salari medi annui per ciascuna figura professionale. Il grafico radar mostra il confronto tra salari e occupati appartenenti a ciascuno dei quattro gruppi identificati (fig. 7). Emerge come le professioni che mostrano il premio retributivo più alto rispetto al numero totale di occupati siano quelle ricadenti nel gruppo 2, a basso livello di automazione/sostituibilità e alto livello di competenze digitali. In generale, la presenza di competenze e conoscenze relative a quest’ultimo ambito premia anche, in termini di salario, le figure professionali del gruppo 3, in cui però le attività appaiono più routinarie.

²⁷ Maggiori informazioni sono disponibili in http://professioni.istat.it/sistemainformativoprofessionioni/cp2011/index.php?codice_4=4.1.1.2&codice_3=4.1.1&codice_2=4.1&codice_1=4.

Figura 7. Percentuale di occupati e salari medi annui per gruppo



Fonte: elaborazioni IRPET su dati O*NET.

Da questa prima analisi esplorativa si possono sintetizzare alcune osservazioni. In primo luogo, la diversa distribuzione dei due indici sintetici tra le figure professionali e tra Italia (Toscana) e USA, rende plausibile tenere distinte la dimensione legata alle attività, che possono risultare più o meno ripetitive, routinarie e automatizzate, e quella invece relativa alle conoscenze e competenze riconducibili alle tecnologie digitali.

Come mostrato, i due indici hanno andamenti opposti in Italia e negli USA, conseguenza soprattutto del diverso livello di avanzamento delle due economie rispetto alla frontiera tecnologica. Infatti, essi risultano inversamente correlati nel nostro Paese, probabile segno di un livello di codificabilità delle mansioni e di effettiva automazione ancora poco legato alle tecnologie digitali. Negli USA, il processo di digitalizzazione appare più avanzato e si muove nella stessa direzione del livello di automazione. A titolo esemplificativo, potremmo immaginarci un magazziniere italiano tipico come un lavoratore che muove merci guidando un muletto, mentre negli USA il suo corrispettivo sta seduto a un computer o si muove con un tablet dando input a macchine movimentatrici.

La peculiarità italiana, però, sembra anche la prevalenza di attività poco codificate e poco routinarie sebbene non caratterizzate dall'utilizzo di conoscenze/competenze digitali: esse rappresentano il 41% dell'occupazione, che raggiunge il 44% in Toscana. Le figure teoricamente più strategiche in un futuro 4.0 (alta digitalizzazione ma bassa codificabilità) occupano nel nostro Paese circa il 25% del totale, un livello doppio rispetto agli USA, effetto però del peso elevato dei contabili e delle figure amministrative e di segreteria, che per esempio negli USA appartengono al gruppo 3 (alta digitalizzazione e alta automazione).

Per queste ragioni, le ipotesi sul rischio di sostituzione uomo-macchina elaborate da più parti sul caso italiano a partire da una proiezione dei dati statunitensi non convincono fino in fondo, considerata la differenza nella distribuzione di conoscenze/competenze e attività

tra le figure professionali dei due Paesi. Va accentuata invece la peculiarità del percorso italiano, la necessità di trovare una nostra via al 4.0.

Naturalmente, ciò che i dati ci dicono sul caso italiano riguarda il contenuto delle professioni così come rilevato diversi anni fa. Il livello di sostituibilità/automazione riassunto dal nostro indice sintetico ci informa su quanto le attività siano svolte da macchine e su quanto risultino centrali i compiti ripetitivi e quindi potenzialmente sostituibili.

Niente possiamo dire sull'impatto futuro dei processi di digitalizzazione, se non che lo spazio per la loro diffusione appare assai ampio nel nostro Paese, seppure l'Italia e la Toscana mantengano uno zoccolo duro di attività al momento poco automatizzate e poco ripetitive meno diffuse negli USA. Ciò può essere dovuto alla più forte presenza di professioni legate a turismo e cultura, ai servizi alla persona, all'artigianato o anche, del resto, a un'organizzazione del lavoro arretrata, da decenni condizionata dall'ossessione della massima flessibilità al minor costo, su cui si potrebbe in modo lungimirante intervenire in futuro, ripensando le mansioni svolte e valorizzando il ruolo delle persone e delle loro competenze.

4. PER UN VOCABOLARIO DELLE "COMPETENZE 4.0"

Uno dei principali limiti di questa analisi, nell'economia del ragionamento sui possibili effetti del paradigma Industria 4.0 su figure professionali e competenze, è l'approssimazione del concetto alla presenza di conoscenze/*skills*/attività digitali. C'è ampio accordo, infatti, intorno all'idea che nel dispiegarsi della Quarta rivoluzione industriale saranno più importanti oltre alle conoscenze e competenze direttamente collegate all'utilizzo di tecnologie digitali, anche quelle complementari, inerenti la capacità di lavorare in gruppo, risolvere problemi complessi, pensare con flessibilità: le cosiddette *soft skills* tanto decantate quanto impalpabili (World Economic Forum, 2016; OECD, 2016).

Da un altro punto di vista, ancora molto lavoro deve essere condotto sulla classificazione delle competenze e sul loro collegamento con le professioni, nonché soprattutto in Europa, sulla rilevazione costante e coerente di dati per figura professionale, come occupati e salari²⁸.

In questo paragrafo vengono sinteticamente presentate alcune elaborazioni a partire dai primi risultati dell'analisi compiuta dal QUINN e dal DIC1 con il supporto dell'IRPET, sulle competenze coerenti con il paradigma Industria 4.0, nel tentativo di identificare quelle più correlate ai processi tipici della Quarta rivoluzione industriale. Tale fine è stato perseguito mediante una ricerca semantica compiuta sulla principale letteratura scientifica internazionale in lingua inglese, disponibile sulla piattaforma Scopus, la più grande banca dati di abstract e citazioni di letteratura *peer review* e fonti web di qualità (letteratura scientifica, tecnica, medica, scienze sociali, arte e letteratura umanistica) creata da Elsevier nel 2004 e aggiornata quotidianamente.

L'obiettivo dell'analisi è ambizioso e numerose sono state le criticità incontrate²⁹. Anche alla luce della letteratura internazionale, due almeno sono i pregi di questo approccio: partire dalle competenze, anziché dalle figure professionali, e tentare di superare il ricorso

²⁸ In tale direzione, si veda il progetto "European Skills, Competences, Qualifications and Occupations (ESCO)" – <https://ec.europa.eu/esco/portal/home>. Per il caso italiano, una descrizione dettagliata del sistema di rilevazione e anticipazione dei fabbisogni di competenze è offerta dall'OCSE (OECD, 2017).

²⁹ Per la descrizione dettagliata della metodologia utilizzata, le criticità incontrate e i risultati in forma estensiva si rimanda alla nota tecnica elaborata da QUINN-DICI, allegata al rapporto disponibile in <http://www.irpet.it/archives/49488>.

a batterie di interviste a esperti e testimoni privilegiati³⁰, spesso indispensabili quando si esaminano fenomeni di recente affermazione come è il caso di Industria 4.0, ma molto costose e condizionate dal tipo e dal numero di persone sentite. È d'altronde innegabile che il fenomeno che ricade sotto l'epiteto di Industria 4.0 sia esploso nell'ultimo periodo³¹ e che quindi avrà ricadute non trascurabili nei prossimi anni.

Tabella 4. Competenze/*skills* e attitudini/*abilities* 4.0 con più occorrenze (> 50) come emerse dall'analisi QUINN-DICI

Etichetta ISFOL	Definizione ISFOL	Categoria	Sottocategoria	Definizione O*NET	Occorrenze Scopus
C22a	Programmare	<i>Skills</i>	<i>Skills</i> funzionali di tipo tecnico	<i>Programming</i>	231
C10a	Monitorare	<i>Skills</i>	<i>Skills</i> di base sulla gestione e controllo dei processi	<i>Monitoring</i>	220
C31a	Prendere decisioni	<i>Skills</i>	<i>Skills</i> funzionali per l'analisi dei sistemi	<i>Decision making</i>	220
C25a	Controllo delle attrezzature	<i>Skills</i>	<i>Skills</i> funzionali di tipo tecnico	<i>Operation and control</i>	190
C5a	Matematica	<i>Skills</i>	<i>Skills</i> di base su contenuti e linguaggi	<i>Mathematics</i>	167
C17a	Risolvere problemi complessi	<i>Skills</i>	<i>Skills</i> funzionali per il <i>problem solving</i>	<i>Complex problem solving</i>	141
C23a	Controllo di qualità	<i>Skills</i>	<i>Skills</i> funzionali di tipo tecnico	<i>Quality control analysis</i>	123
C15a	Istruire	<i>Skills</i>	<i>Skills</i> funzionali di tipo sociale	<i>Instructing</i>	82
C29a	Analizzare sistemi	<i>Skills</i>	<i>Skills</i> funzionali per l'analisi dei sistemi	<i>System analysis</i>	65
D19a	Visualizzazione	Attitudini	Orientamento nello spazio	<i>Visualization</i>	593
D14a	Memorizzare	Attitudini	Memorizzare	<i>Memorization</i>	366
D51a	Riconoscimento della voce	Attitudini	Percezione uditiva	<i>Speech recognition</i>	82
D29a	Reattività	Attitudini	Riflessi	<i>Reaction time</i>	79
D6a	Originalità	Attitudini	Ragionamento e ideazione	<i>Originality</i>	63

³⁰ Come nel caso dei già citati lavori del WEF e di Frey e Osborne (2017).

³¹ Si veda la fig. 1.

Un altro aspetto problematico ha riguardato la definizione del perimetro delle competenze da ricercare. Anche in questo caso le fonti più attendibili, per i motivi già esposti, ci sono sembrate i database O*NET e ISFOL-Istat, che corrispondono univocamente in termini di classificazione e definizione di conoscenze, competenze, attitudini, attività ecc. e forniscono un collegamento tra queste e le figure professionali.

In questa fase, abbiamo scelto di concentrarci su *skills* e *abilities* in lingua inglese così come definite in O*NET, per limitare il campo e permettere di espandere la ricerca correlata al paradigma Industria 4.0. Esso è stato infatti affiancato (accanto al lemma inglese corrispondente “Industry 4.0”) da quattro parole semanticamente prossime come “Second Machine Age”, “Fourth Industrial Revolution”, “Digital Age” e “Digital Economy”³², e da cinque termini legati alle principali tecnologie³³ quali “Cloud Computing”, “Automation”, “Internet of Things”, “Cyber-Physical Systems” e “Big Data”. Inoltre, la scelta di limitare l’analisi a *skills*³⁴ e *abilities*³⁵, cioè su un sottoinsieme del database O*NET, è apparsa opportuna nell’ottica di una prima analisi esplorativa e, dal punto di vista del suo utilizzo, per mantenere gradi di libertà e verificare la robustezza dell’elenco rispetto alle correlazioni con altri aspetti delle figure professionali come conoscenze, attività ecc.

Nella tabella 5 sono elencate le competenze/*skills* e la attitudini/*abilities* (d’ora in avanti definite come 4.0) che hanno riportato un numero di occorrenze superiore a 50. Si contano così nove *skills* (su 35) e cinque *abilities* (su 52) tra quelle messe a disposizione dalla classificazione O*NET/ISFOL. In sintesi, la ricerca semantica ha portato all’attenzione circa il 26% delle competenze/attitudini analizzate.

Tra le *skills* ai primi posti troviamo competenze tipiche dell’era digitale, come “Programmare”, ma anche “Matematica” oppure riferite al rapporto con le macchine e i sistemi organizzativi, come “Monitorare”, “Controllo delle attrezzature” e “Controllo di qualità”. “Prendere decisioni”, “Risolvere problemi complessi”, “Istruire” e “Analizzare sistemi” riguardano invece la sfera più ampia delle competenze *soft*, che prevedono una responsabilità nell’organizzazione, capacità di visione e capacità di coordinamento. Tra le attitudini dalla formulazione più ambigua dal punto di vista semantico spiccano “Visualizzazione”, definita genericamente come “l’abilità a immaginare come sembrerà qualcosa dopo averla spostata o quando le sue parti verranno spostate o riorganizzate”, e “Memorizzazione”. Esse risultano ambigue a causa della difficoltà di attribuzione a una macchina o a un essere umano, e, proprio a causa di questa ambiguità, sono molto presenti in letteratura a proposito di sistemi di analisi dei dati, di analisi delle immagini e in tutti i settori dove è necessario immagazzinare immagini, testi, dati ecc. In ottica 4.0, entrambe le attitudini, quando riferite all’essere umano, sono spesso correlate alla grande mole di dati resa disponibile dalle tecnologie digitali, e quindi descrivono abilità legate alla capacità di organizzarli, leggerli (analizzarli e interpretarli) e comunicarli.

Le ultime attitudini riportate in tabella, con occorrenze superiori a 50 ma nettamente inferiori alle prime della lista, sono riferite a capacità psicomotorie e sensoriali delle mac-

³² Sono state scelte sulla base della loro frequenza nella letteratura (analisi effettuata mediante Google Scholar). Per maggiori specificazioni, si rimanda alla nota tecnica QUINN-DICI in appendice al rapporto disponibile in <http://www.irpet.it/archives/49488>.

³³ Sono stati ottenuti mediante un processo di espansione ed estrazione di termini e tecnologie tipiche, centrate sul tema Industria 4.0 (in parte un sottoinsieme delle tecnologie abilitanti secondo il modello promosso da Boston Consulting Group e poi adottato in Italia nel cosiddetto “Piano Calenda”). Per maggiori specificazioni, si rimanda alla nota tecnica QUINN-DICI in appendice al rapporto disponibile in <http://www.irpet.it/archives/49488>.

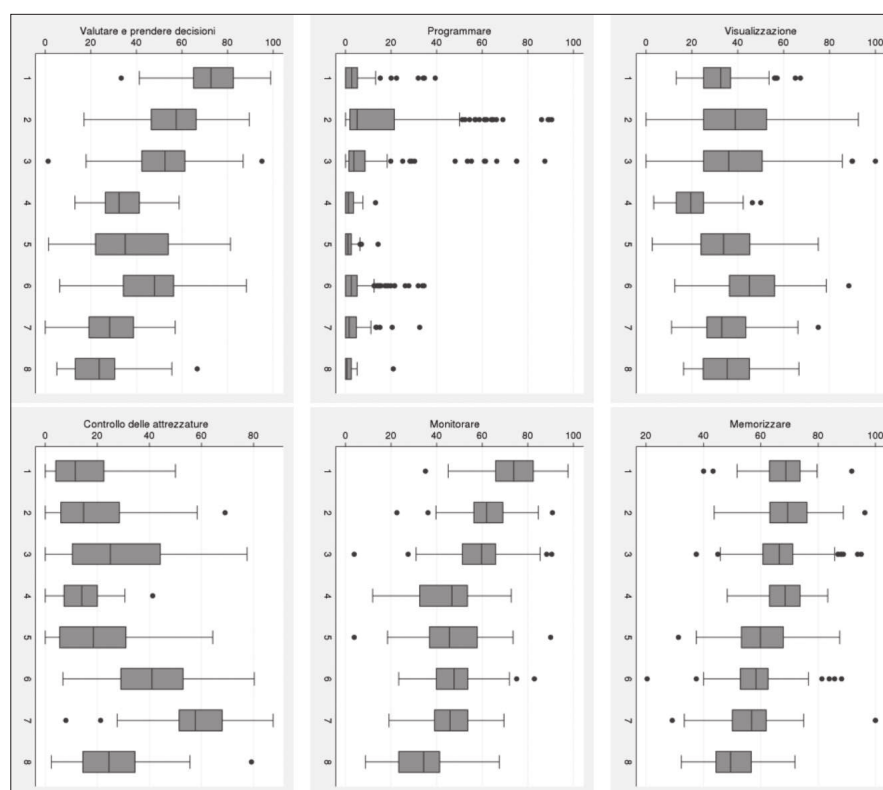
³⁴ Da O*NET: “Developed capacities that facilitate learning or the more rapid acquisition of knowledge”.

³⁵ Da O*NET: “Enduring attributes of the individual that influence performance”.

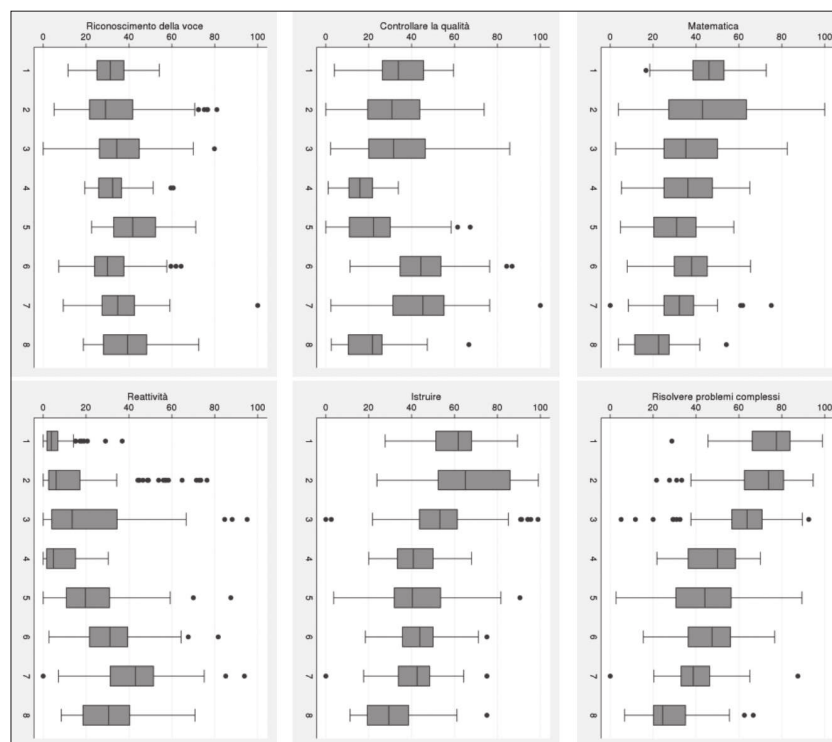
chine nel caso di “Riconoscimento della voce” e “Reattività”, richiamando capacità umane sempre più sostituibili dalle nuove macchine robotiche, mentre “Originalità” evoca una caratteristica più immateriale e meno codificabile.

Come prima esplorazione, i boxplot³⁶ in figura 8 mostrano l’andamento di ciascuna delle competenze/attitudini 4.0 negli otto grandi gruppi professionali ISCO. Gli aspetti che più saltano all’occhio possono essere così riassunti. Emerge la rarità della competenza relativa alla programmazione che ottiene valori più alti nel gruppo delle professioni intellettuali e scientifiche e dei tecnici, ma con molti outlier rispetto alla distribuzione, mentre più presente appare quella matematica.

Figura 8. Boxplot delle competenze/attitudini 4.0 per grande gruppo professionale



³⁶ I boxplot sono una rappresentazione grafica dei quartili di una distribuzione, e permettono anche di confrontare tra loro gruppi di dati diversi. Le scatole indicano la distanza tra il primo e il terzo quartile e comprendono il 50% dei valori. Se l’intervallo interquartile è piccolo, tale metà delle osservazioni si trova fortemente concentrata intorno alla mediana, cioè il valore che divide esattamente a metà la distribuzione. All’aumentare della distanza interquartile, aumenta la dispersione del 50% delle osservazioni centrali intorno alla mediana, rappresentata dalla linea interna alla scatola. I baffi, cioè le linee esterne, indicano il posizionamento dei valori inferiori al primo e superiori al terzo quartile, mentre i punti segnalano l’esistenza e la posizione di “valori anomali” (Tukey, 1977).

Figura 8. Boxplot delle competenze/attitudini 4.0 per grande gruppo professionale (*segue*)

Sono presenti, in generale, molti valori anomali, segno di una differenziazione che risulta interna ai grandi gruppi professionali.

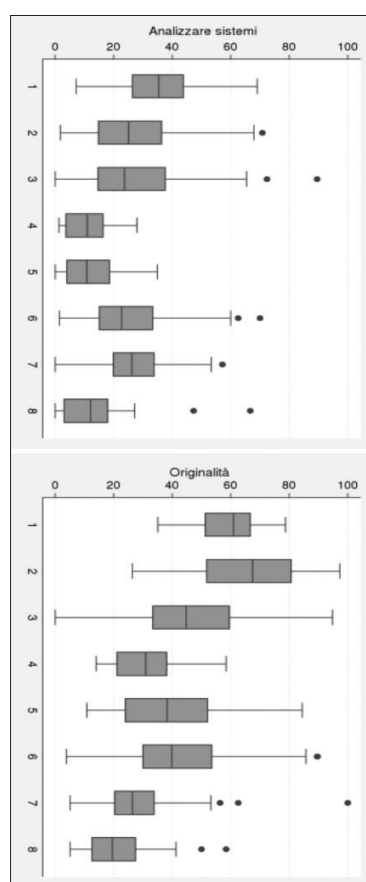
Alcune *skills/abilities* sono una caratteristica specifica di pochi gruppi professionali: è il caso di “prendere decisioni” e “risolvere problemi”, “monitorare” e “istruire”, che assumono valori più alti e concentrati tra imprenditori e dirigenti e professioni intellettuali, scientifiche e ad alta specializzazione, con qualche scivolamento verso le figure tecniche. Il “controllo delle attrezzature” è più tipico invece dei conduttori di impianti e addetti alle macchine fisse, ma anche degli artigiani e degli operai specializzati, accompagnato dalla *skill* “controllo di qualità”, competenze necessarie quando ci si occupa di strumentazioni. L’originalità sembra un aspetto più specifico dei primi tre gruppi professionali ma risulta presente in tutti, con outlier anche tra le professioni non qualificate. In estrema sintesi, la distribuzione delle competenze *soft* è in quasi tutti gli aspetti crescente rispetto alla qualifica professionale.

Più che una chiara suddivisione e distribuzione delle competenze e delle abilità, in rapporto alle mansioni svolte, sembra configurarsi un intreccio complesso e di difficile interpretazione, di cui i grandi gruppi professionali, da una parte, e quelli precedentemente identificati per grado di automazione e competenze digitali, dall’altra, non rendono a pieno le potenzialità del paradigma 4.0.

Possiamo però interpretare tale complessità come base di uno spazio multidimensio-

nale nel quale la combinazione di competenze e attitudini di diversa natura dà vita a più meta-competenze 4.0, ciascuna con un diverso rapporto con il rischio di automazione e con un diverso grado di complementarità rispetto al bandolo di tecnologie, processi e forme organizzative, destinato a intricarsi ulteriormente con la diffusione della Quarta rivoluzione industriale³⁷.

Figura 8. Boxplot delle competenze/attitudini 4.0 per grande gruppo professionale (*segue*)



Legenda: 1. Legislatori, imprenditori e alta dirigenza; 2. Professioni intellettuali, scientifiche e di elevata specializzazione; 3. Professioni tecniche; 4. Professioni esecutive nel lavoro di ufficio; 5. Professioni qualificate nelle attività commerciali e nei servizi; 6. Artigiani, operai specializzati e agricoltori; 7. Conduuttori di impianti, operai ai macchinari fissi e conducenti di veicoli; 8. Professioni non qualificate.

³⁷ In questo senso, risulta interessante il lavoro di etichettatura uomo-macchina compiuto da QUINN-DICI per valutare la precisione delle occorrenze ottenute per le *skills/abilities* 4.0, per i cui particolari si rimanda alla nota tecnica in appendice al rapporto disponibile in <http://www.irpet.it/archives/49488>. L'*escamotage* per discriminare tra competenze/attitudini possedute dalla macchina e quelle ad appannaggio dell'uomo è l'introduzione di una terza variabile, denominata "METODI" (o "TOOLS"), che fa da ponte tra i due, lasciando ipotizzare uno spazio complesso, in cui la competenza umana è ora sostituita ora complementare a una competenza propria della macchina.

4.1. Come si combinano tra loro le competenze 4.0: un'applicazione basata sull'analisi delle componenti principali

Per tentare di identificare le meta-competenze 4.0 generate dalla loro possibile combinazione a partire dai profili professionali italiani, uno strumento utile è offerto dall'analisi delle componenti principali. Si tratta in effetti di una tecnica per la riduzione della complessità che, pur spesso problematica proprio nella fase di interpretazione dei risultati, nel nostro caso può avvalersi del percorso di analisi fin qui presentato. E d'altra parte, tale tecnica ha l'innegabile vantaggio di permettere il "montaggio" di più indici, pur sotto l'ipotesi se vogliamo restrittiva della loro reciproca ortogonalità, partendo dallo stesso insieme di variabili.

A questo fine stimiamo le componenti principali a partire dalle competenze/abilità 4.0 individuate dal gruppo di lavoro QUINN-DICI (con oltre 50 occorrenze) con l'idea di identificare i principali driver del cambiamento in corso. Rispetto ai risultati di quel lavoro escludiamo "reattività" e "riconoscimento della voce" per la minor consistenza dei risultati prodotti sulle attitudini di carattere fisico³⁸ (tab. 4).

I risultati sono riportati nelle tabelle 5 e 6. Il primo elemento di interesse è costituito dalla porzione di variabilità dei dati "spiegata" da ciascuna componente. Da questo punto di vista, la prima cattura il 40% della varianza, che raggiunge il 75% considerando le prime quattro.

Tabella 5. Analisi delle componenti principali (autovalori e varianza spiegata)

Componente	Autovalore	Percentuale varianza spiegata	Percentuale cumulata varianza spiegata
Componente 1	4,66	0,39	0,39
Componente 2	2,28	0,19	0,58
Componente 3	1,12	0,09	0,67
Componente 4	0,90	0,07	0,75
Componente 5	0,70	0,06	0,81
Componente 6	0,57	0,05	0,85
Componente 7	0,49	0,04	0,89
Componente 8	0,42	0,04	0,93
Componente 9	0,29	0,02	0,95
Componente 10	0,20	0,02	0,97
Componente 11	0,18	0,02	0,99
Componente 12	0,18	0,01	1,00

³⁸ Si rimanda, anche in questo caso, alla nota tecnica QUINN-DICI allegata.

Tabella 6. Analisi delle componenti principali (*loadings* relativi alle prime quattro componenti)

Variabile	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4
Programmare	0,22	0,23	-0,44	0,56
Monitorare	0,38	-0,12	0,08	-0,38
Prendere decisioni	0,36	-0,05	0,00	-0,18
Controllo delle attrezzature	-0,01	0,58	0,16	-0,16
Matematica	0,29	0,18	-0,33	0,24
Risolvere problemi complessi	0,41	-0,11	-0,12	-0,12
Controllo di qualità	0,18	0,49	0,12	-0,06
Istruire	0,35	-0,15	-0,01	-0,07
Analizzare sistemi	0,30	0,37	-0,02	-0,25
Visualizzazione	0,12	0,14	0,76	0,40
Memorizzare	0,27	-0,26	0,20	-0,05
Originalità	0,31	-0,24	0,17	0,43

Secondo, dall'analisi dei *loadings* delle prime quattro componenti emergono alcuni elementi utili a suffragare quanto già visto nei paragrafi precedenti. Intanto, notiamo un grande ritardatario. La figura simbolo dell'Industria 4.0, incarnata dal *data analyst*, sembra arrivare solo con la quarta componente, caratterizzata da una forte correlazione con le competenze di programmazione e matematiche, ma anche da un basso contributo alla varianza spiegata (9%). E, d'altra parte, l'insieme di competenze che sembra emergere dall'analisi di questa componente è più variegato, considerando la forte positiva correlazione con "Originalità" e "Visualizzazione". Tra le figure professionali con il punteggio più elevato³⁹ troviamo, infatti, non soltanto i progettisti di software, i tecnici programmatori e i tecnici web, ma anche i disegnatori della moda e gli illustratori, tutte professioni caratterizzate da un buon livello di digitalizzazione e, allo stesso tempo, da spiccate competenze in termini di visualizzazione e originalità, grazie alle quali utilizzano lo strumento tecnologico per potenziare l'analisi e comunicare i risultati del proprio lavoro.

Il fatto che questa componente così intrinsecamente 4.0 abbia poco risalto nell'analisi può essere dovuto alla fotografia statica, aggregata e, per quanto ne sappiamo, datata del panorama delle competenze/attitudini impiegate dal sistema produttivo italiano, riprodotta nel database ISFOL. È anche il probabile risultato di una maggiore concentrazione di tali competenze su un numero ridotto di profili professionali. Da questo punto di vista, sarà interessante in futuro: (i) considerare il numero degli occupati per ciascuna figura professionale, mediante l'utilizzo dei dati delle Rilevazioni continue sulle forze di lavoro, la cui natura ci costringe però a passare a un livello di aggregazione superiore (da 5 *digits* a 4

³⁹ Calcolato per ogni componente come distribuzione dei valori predetti. Si rimanda all'appendice del rapporto disponibile in <http://www.irpet.it/archives/49488>, per l'elenco delle prime 15 professioni con i valori predetti più alti per ogni componente.

digits); e (ii) poter procedere oltre lo stock delle professioni, concentrandoci in particolare sulle figure a più rapido tasso di crescita.

Venendo ai due elementi più importanti nell'economia della variabilità dei dati, la prima componente è chiaramente ben allineata con il profilo di "occupato 4.0" richiamato dalla precedente analisi. In effetti, questa pare combinare capacità manageriali, quali risolvere problemi complessi, monitorare, valutare e prendere decisioni, e istruire gli altri, abbinando anche elevate competenze matematiche, di programmazione e la capacità di analizzare sistemi. L'abilità di combinare competenze tecniche, anche di carattere digitale, con spiccate *soft skills* sembra l'elemento centrale caratterizzante le figure professionali meglio equipaggiate da questo punto di vista. Tra queste (ad oggi) troviamo docenti universitari e ricercatori, imprenditori e dirigenti, fisici e ingegneri e figure tecniche, tutte riconducibili a primi tre grandi gruppi professionali (figura 8).

Passando alla seconda componente, che spiega il 18% della varianza dei dati, essa privilegia la capacità di gestire e controllare i flussi produttivi. I principali *loadings* "caricano" infatti su "Controllo delle attrezzature" e "Controllo di qualità", e allo stesso tempo la componente presenta una correlazione positiva sia con le abilità di programmazione che con l'analisi di sistemi. Traspare il cuore più manifatturiero del concetto di Industria 4.0, inteso come capacità di raccogliere e analizzare dati per l'efficientamento dei flussi produttivi lungo la catena del valore. Le figure professionali con il più elevato punteggio in questo caso sono tipicamente conduttori di macchine e meccanici, installatori e manutentori di impianti. Fanno parte di questo gruppo anche alcuni dei profili già visti nella discussione delle componenti 1 e 4 (ad esempio, fisici e analisti e progettisti di applicazioni web). In questo senso, l'interpretazione di questa componente sembra proprio dare vita a una sorta di biforcazione dei destini delle professioni coinvolte: da una parte, coloro che progettano i sistemi; dall'altra, coloro che sono destinati a utilizzarli.

In figura 9 riportiamo un grafico a dispersione con i *loadings* associati alle competenze e attitudini nelle prime due componenti, che sembrano caratterizzati da una relazione negativa nella quale risaltano ai due estremi le componenti manageriali/decisionali avanzate (gruppo 1: *loadings* elevati e positivi nella componente 1; *loadings* negativi nella componente 1), e quelle legate al controllo delle attrezzature (gruppo 3: *loading* elevato e positivo nella componente 2; *loading* negativo nella componente 1). In una posizione intermedia (gruppo 2), invece, un nucleo di competenze tecniche che vanno dalla "Programmazione", all'"Analisi di sistemi", alla "Visualizzazione" e al "Controllo di qualità". Si tratta di competenze di media importanza per entrambe le componenti, non completate però, nella seconda, da quelle *skills* decisionali avanzate che invece ritroviamo nella prima.

La terza componente, infine, è interessante, anche se di più difficile interpretazione, perché, scarsa nelle competenze digitali, mostra però un'elevata capacità di "Visualizzazione" con un buon livello di "Originalità". Si avvicina, almeno a quanto sembra, alle professioni creative, artistiche e artigianali, per le quali al momento il livello di digitalizzazione è piuttosto basso ma in cui tuttavia la tecnologia potrebbe diventare più un potenziale alleato che un fattore di sostituzione. E questo proprio per l'originalità e la non facile replicabilità delle attività che le caratterizzano. Le principali figure professionali con elevato punteggio in questo indice sono disegnatori e *designers*, artigiani e artisti. Vi ritroviamo, in definitiva, le figure tipiche della creatività manifatturiera del *Made in Italy*, che potrebbero davvero trasformare alcune tecnologie fortemente orientate al 4.0 in potenti strumenti di crescita. Proprio la futura evoluzione di queste professionalità, capace di sfruttare ove possibile la riduzione della scala efficiente di produzione garantita dal processo di digitalizzazione e

acquisire più spiccate competenze manageriali, potrebbe segnare una delle traiettorie possibili della via italiana alla Quarta rivoluzione industriale.

Figura 9. La relazione tra i *loadings* delle prime due componenti derivanti dall'analisi delle componenti principali

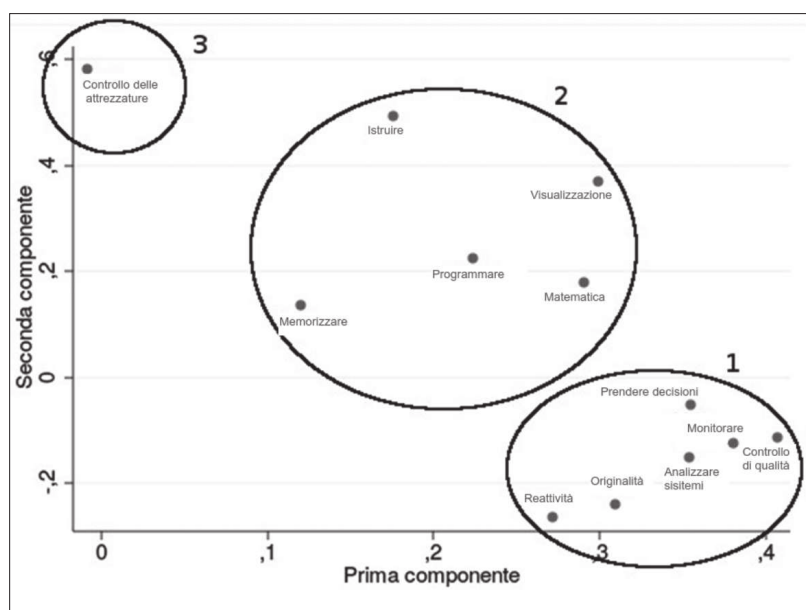


Tabella 7. Correlazione delle prime quattro componenti con il grado di codificabilità e il livello di automazione/sostituibilità delle professioni

	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4
Indice di automazione/sostituibilità	-0,29	0.50	0.02	-0.22
Indice di competenze digitali	0,66	0.09	-0.35	0.28

L'interpretazione dei risultati qui suggerita è avvalorata dall'analisi della correlazione dei quattro indici derivanti dalle componenti principali con quelli sintetici di automazione/sostituibilità e competenze digitali precedentemente utilizzati (tab. 7). In effetti, l'occupato

4.0 che concilia competenze digitali e *soft skills* emergente dalla prima componente risulta positivamente correlato con l'indice di competenze digitali e inversamente con quello di automazione/sostituibilità, come ci potevamo attendere. La seconda componente, più espressione dei lavoratori vicini ai flussi produttivi, non ha particolari connessioni con le competenze digitali nel caso italiano, mentre risulta più impegnata a svolgere attività ripetitive e automatizzate. La terza componente può essere letta come l'artigiano non ancora digitale, ma certamente con competenze specifiche non sostituibili, mentre la quarta componente rientra nel profilo più tipico del profilo digitale specializzato.

A suffragare questi risultati analizziamo anche la correlazione delle componenti con i punteggi in termini di destrezza manuale e delle dita richiesti dalle diverse professioni. Da questa ci aspettiamo di poter ancor meglio distinguere le figure caratterizzate da elevati livelli in termini di terza componente. In effetti, si vede bene dalla tabella 8 come la componente che abbiamo legato alle competenze artistico-artigianali risulti molto positivamente correlata con le competenze manuali.

Tabella 8. Correlazione delle prime quattro componenti con il grado di destrezza manuale e il livello di destrezza nelle dita delle professioni

	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4
Destrezza nelle mani	-0,32	0,41	0,48	0,09
Destrezza nelle dita	-0,21	0,39	0,46	0,13

In conclusione, l'analisi delle componenti principali rafforza l'interpretazione di Industria 4.0 come fenomeno complesso e multidimensionale, capace di incidere in modo diverso sulle professioni a partire dall'intreccio di competenze e mansioni proprie di ciascuna. Se, da una parte, sembrano favoriti i ruoli di maggiore responsabilità decisionale pur contraddistinti da solide basi tecniche, le figure professionali più vicine ai processi produttivi caratterizzati da maggiore codificabilità lungo l'intera filiera potrebbero essere quelle più soggette a sostituzione.

La visione del futuro non pare essere bianca o nera, quanto piuttosto ricomprendere tutte le sfumature connesse con la trasformazione dell'universo delle competenze che ruota attorno alle singole professioni. Per cui, ad esempio, i conduttori di macchine dell'Impresa 4.0 avranno competenze diverse rispetto a quelli di oggi; e, d'altra parte, le trasformazioni in corso potrebbero renderne superflui un buon numero, e allo stesso tempo creare opportunità in altre mansioni. Dall'analisi delle componenti principali è anche emerso come la componente più correlata con la programmazione e la matematica segni un ritardo nel caso italiano, mentre più interessante è stato senz'altro scoprire che un fattore importante connesso con le competenze 4.0 è legato a professioni creative e artigianali che molto potrebbero guadagnare da un sostanziale avanzamento nell'uso delle nuove tecnologie e dal miglioramento delle competenze *soft*, la cui importanza emerge con chiarezza anche dalla nostra analisi.

5. FUTURE LINEE DI RICERCA

Le macchine possono liberare l'uomo dallo svolgimento di attività pericolose, ripetitive e noiose in modo da impiegarlo in compiti più interessanti e utili, oppure possono essere concepite come strumento per abbassare, se non eliminare, il costo del lavoro, creando una società in cui i possessori di robot governano l'economia. Sebbene ancora lontani da entrambi gli scenari, in particolare in Italia, la differenza nel dispiegarsi della Quarta rivoluzione industriale sarà fatta non solo dalla visione imprenditoriale, ma anche e soprattutto dalla politica, chiamata a incentivare o sanzionare determinati comportamenti. Il nostro Paese viene purtroppo da decenni di scarso investimento nel "fattore umano" largamente inteso, dalle scuole alle università, dalle condizioni di lavoro ai salari. Il discorso intorno a Industria 4.0 può spronare a cambiare punto di vista, tornando a puntare sulle competenze, sulla formazione, sulla sicurezza e sul welfare, per governare invece che subire i cambiamenti innescati dal processo di digitalizzazione.

Oggi, e i nostri dati lo confermano, ci troviamo in una fase in cui il passato non è passato ma il futuro è già arrivato: nel mondo del lavoro convivono vecchi e nuovi mestieri riscontrabili tra le figure professionali, ma anche al loro interno.

L'Italia e la Toscana risultano arretrate dal punto di vista della pervasività del processo di digitalizzazione nelle conoscenze, competenze e abilità attribuibili alle professioni così come attualmente classificate. Dal punto di vista delle attività svolte, la diffusione di mansioni ripetitive e livelli discreti di automazione (anche se poco digitale) dipingono un quadro ancora arretrato dell'organizzazione del lavoro. Su questo sfondo, emergono però dall'analisi figure strategiche o potenzialmente tali su cui puntare per un futuro 4.0.

Favorite risultano quelle professioni di elevato livello di specializzazione e responsabilità in grado di conciliare competenze digitali con *soft skills* riguardanti la capacità di prendere decisioni, di istruire e di risolvere problemi complessi, ma che probabilmente rimarranno figure apicali, numericamente poco significative. Emerge poi, seppure in numeri ancora troppo scarsi, la figura del professionista del digitale, che evolverà in professioni più articolate già ricorrenti in molti studi: dal *data analyst* al *digital media specialist*, dal *database administrator* all'*ICT consultant*.

Del tutto incorporate nel nostro sistema risultano invece due altre figure, adesso solo potenzialmente 4.0. Quelle più a rischio in uno scenario di sostituzione uomo-macchina sono i conduttori di impianti e operai addetti ai macchinari, oggi già caratterizzati da alti livelli di automazione, ma che potrebbero però maturare competenze digitali e, non sappiamo naturalmente in che numero, diventare più strategici nella fabbrica del futuro. Le più tipiche figure del *Made in Italy* italiano, nella produzione come nei servizi, appaiono invece gli artigiani e i creativi, con solide conoscenze e competenze tecniche, ma importanti potenzialità laddove riescano ad agganciarsi alle nuove tecnologie digitali e avanzare nelle competenze più gestionali.

Diviene perciò fondamentale l'analisi delle competenze, conoscenze e attività svolte dai lavoratori, e delle modalità relative alla loro organizzazione, riportando al centro lo studio del capitale umano, ma a un nuovo livello di codificazione, che attualmente manca, anche se da più parti si sta lavorando in questa direzione.

Si tratta quindi, nel prossimo futuro, di: (i) approfondire il legame tra analisi delle figure professionali e dati disponibili sull'occupazione, sui salari e sulle condizioni di lavoro, anche in prospettiva comparata; (ii) esplorare nuove informazioni rese accessibili dai Big Data, sulla domanda di lavoro delle imprese; (iii) specificare meglio le

competenze, conoscenze e attitudini richieste dal paradigma 4.0, combinando rilevazioni campionarie e raccolta di opinioni degli esperti con tecniche automatiche di analisi semantica oggi possibile su grandi moli di dati; (iv) approfondire parallelamente la conoscenza del mondo produttivo e delle strategie messe in atto per rispondere alle trasformazioni in corso; e (v) considerare anche il lato dell'offerta formativa e il ruolo delle istituzioni preposte.

C'è poi un aspetto da tenere presente, che deve guidarci nel passaggio da analisi a indicazioni di policy: se gli addetti ai lavori parlano da anni delle potenzialità delle tecnologie digitali e dei progressi compiuti nel campo dell'automazione robotica, le trasformazioni conseguenti alla presente e futura pervasività di questi strumenti nella vita sociale ed economica sono oggetto di studio nel presente, sia in relazione all'entità dei fenomeni che alle conseguenze sull'organizzazione delle relazioni. Da ciò scaturisce un problema di riflessività: quanto le ricerche passate e in corso sulle auspicabili competenze e professioni del futuro, su quelle più a rischio e su quelle più strategiche influenzano le decisioni delle persone, delle istituzioni e delle imprese, che a loro volta avranno effetti sugli assetti futuri? Non è questa la sede per affrontare questioni di tipo epistemologico, ma ci sembra importante chiarire che l'analisi delle competenze e delle figure professionali attraverso il filtro del paradigma 4.0 altro non è che un contributo alla maggiore conoscenza dei fenomeni legati al mercato del lavoro, con l'idea che la Quarta rivoluzione industriale divenga uno strumento per ridare centralità al "fattore umano". Per questo, le molte stime sulle occupazioni a rischio, dai risultati molto variabili, devono fungere più da esortazione a rimettere al centro questo aspetto, che da grimaldello per dipingere scenari catastrofici alimentando la paura atavica dell'innovazione.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ACEMOGLU D., RESTREPO P. (2017), *Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets*, NBER Working Paper No. 23285.
- ARNTZ M., GREGORY T., ZIERAHN U. (2016), *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis*, OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 189, OECD Publishing, Paris, in <https://doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>.
- AUTOR D. H. (2013), *The 'Task Approach' to Labor Markets: An Overview*, IZA Discussion Paper No. 7178.
- AUTOR D. H. (2015), *Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation*, "Journal of Economic Perspectives", 29, 3, pp. 3-30, DOI:10.1257/jep.29.3.3.
- AUTOR D. H., LEVY F., MURNANE R. J. (2003), *The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration*, "The Quarterly Journal of Economics", 118, 4, pp. 1279-333.
- AUTOR D. H., PRICE B. (2013), *The Changing Task Composition of the US Labor Market: An Update of Autor, Levy, and Murnane (2003)*, in <https://economics.mit.edu/files/11661>.
- BECATTINI G., RULLANI E. (1993), *Sistema locale e mercato globale*, "Economia e Politica Industriale", 80.
- BLINDER A. S. (2009), *How Many US Jobs Might be Offshorable?*, "World Economics", 1, 2, pp. 41-78.
- BLINDER A. S., KRUEGER A. B. (2013), *Alternative Measures of Offshorability: A Survey Approach*, "Journal of Labor Economics", 31, S1, pp. 97-128.
- BRYNJOLFSSON E., MCAFEE A. (2014), *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*, W.W. Norton & Compan, New York.
- CALVINO F., VIRGILLITO M. E. (2017), *The Innovation-Employment Nexus: A Critical Survey of Theory and Empirics*, "Journal of Economic Surveys".
- DUJIN A., GEISLER C., HORSTKÖTTER D. (2014), *Industry 4.0. The new industrial revolution. How Europe will succeed*, Roland Berger Strategy Consultants, in http://www.iberglobal.com/files/Roland_Berger_Industry.pdf.
- FANTONI G., CERVELLI G., PIRA S., TRIVELLI L., MOCENNI C., ZINGONE R., PUCCI T. (2017), *Impresa 4.0: siamo pronti per la quarta rivoluzione industriale?*, in <https://www.innovationpost.it/wp-content/uploads/2017/07/Impresa-4.0-Valutare-impresa.pdf>.

- FORD M. (2015), *Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future*, Basic Books, New York.
- FREEMAN R. B. (2015), *Who Owns the Robots Rules the World*, IZA World of Labor.
- FREY C. B., OSBORNE M. A. (2017), *The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?*, "Technological Forecasting and Social Change", 114, pp. 254-80, DOI:10.1016/j.techfore.2016.08.019.
- GORDON R. J. (2016), *The Rise and Fall of American Growth: The US Standard of Living since the Civil War*, Princeton University Press, Princeton.
- GRAETZ G., MICHAELS G. (2015), *Robots at Work*, CEPR Discussion Paper No. 1335.
- GREGORY T., SALOMONS A., ZIERAHN U. (2016), *Racing with or Against the Machine? Evidence from Europe*, ZEW Discussion Paper No. 16-053.
- ISTAT (2017), *Conti economici trimestrali*, in http://www.istat.it/it/files/2017/12/CET_17q3_corretto.pdf?title=Conti+economici+trimestrali+-+01%2Fdic%2F2017+-+Testo+integrale+e+nota+metodologica.pdf.
- LEVY F., MURNANE R. J. (2004), *The New Division of Labor. How Computers Are Creating the Next Job Market*, Russell Sage Foundation, New York.
- MAZZIOTTA M., PARETO A. (2007), *Un indicatore sintetico di dotazione infrastrutturale: il metodo delle penalità per coefficiente di variazione*, in *Lo sviluppo regionale nell'Unione Europea Obiettivi, strategie, politiche*, Atti della XXVIII Conferenza Italiana di Scienze Regionali, AISRe, Bolzano.
- MOKYR J., VICKERS C., ZIEBARTH N. L. (2015), *The History of Technological Anxiety and the Future of Economic Growth: Is This Time Different?*, "Journal of Economic Perspectives", 29, 3, pp. 31-50, DOI:10.1257/jep.29.3.31.
- OECD (2016), *Skills for the Digital Economy*, in <http://www.oecd.org/employment/future-of-work.htm>.
- OECD (2017), *Getting Skills Right: Italy*, OECD Publishing, Paris.
- POLANYI M. (1966), *The Tacit Dimension*, University of Chicago Press, Chicago.
- SCHWAB K. (2016), *La quarta rivoluzione industriale*, Franco Angeli, Milano.
- SKIDELSKY R. (2013), *The Rise of the Robots*, Project Syndicate, 19 February, in <http://www.project-syndicate.org/commentary/the-future-of-work-in-a-world-of-automation-by-robert-skidelsky>.
- THE EUROPEAN HOUSE-AMBROSETTI (2017), *Tecnologia e lavoro: governare il cambiamento*, in https://www.ambrosetti.eu/wp-content/uploads/Ambrosetti-Club-2017_Ricerca-Tecnologia-e-Lavoro.pdf.
- TUKEY J. W. (1977), *Exploratory Data Analysis*, Addison-Wesley, Reading.
- WORLD ECONOMIC FORUM (2016), *The Future of Jobs*.