Quali competenze e quali strategie formative per l'industria 4.0? Lo stato dell'arte

Marco Perini[a], Francesco Tommasi[b], Riccardo Sartori[c]

Abstract

The present contribution proposes a review of the literature aimed at highlighting which are the key competencies that will define the job profiles in industry 4.0 and what could be the most suitable training strategies to promote its development. The process of collecting and analyzing the contributions, selected following the principles of the systematic review, has led to obtaining a modular, but at the same time dynamic, model composed of three classes of skills: scientific-technological skills, technical-specific skills, and transversal skills. The results were then discussed to identify the right balance of the three macro-areas, offering ideas for possible training proposals and a tool for finding the skills required on the basis of the different levels, from the individual worker (micro) to the organization (meso), to the professional sector of reference (macro).

Keywords: industria 4.0; competenze; formazione professionale; formazione continua; revisione sistematica della letteratura

a *Dipartimento di Scienze Umane dell'Università degli studi di Verona, via Lungadige Porta Vittoria 17, Verona, ORCID 0000-0001-8066-2917*

b *Dipartimento di Scienze Umane dell'Università degli studi di Verona, via Lungadige Porta Vittoria 17, Verona, ORCID 0000-0001-6096-8062*

c Dipartimento di Scienze Umane dell'Università degli studi di Verona, via Lungadige Porta Vittoria 17, Verona, ORCID 0000-0002-4212-9844

Corresponding author: marco.perini@univr.it

Introduzione

Gli ultimi decenni sono stati caratterizzati da una crescente e costante innovazione tecnologica che ha mutato e che continua a mutare il mondo del lavoro, sia sul piano produttivo e performativo che su quello della formazione dei lavoratori. Questo insieme di trasformazioni in atto, generalmente etichettate come rivoluzione industriale o industria 4.0, vedono l'ingresso e/o l'evoluzione delle tecnologie che, in diverse forme, facilitano l'automazione dei processi produttivi nei vari settori lavorativi che vanno a ridefinire continuamente il mondo del lavoro (ILO, 2017; Magone & Mazali, 2016). Di conseguenza, tali cambiamenti investono sempre più categorie di lavoratori, i quali sono chiamati ad aggiornare, se non a trasformare, la propria professionalità per rimanere competitivi (Jadhav & Mahadeokar, 2019). Per dare un'idea della portata del fenomeno industria 4.0, secondo il World Economic Forum (WEF, 2019) il 65% dei bambini che hanno iniziato la scuola primaria nel 2018, al termine del loro percorso formativo, nel 2030 circa, farà un lavoro che ad oggi non esiste ancora. Al fine di promuovere il coinvolgimento dei lavoratori e delle aziende nei processi di innovazione si ritiene necessario cercare di comprendere quali sono o potranno essere le competenze richieste ai lavoratori per poter abitare il cambiamento tecnologico portato dalla quarta rivoluzione industriale, nonché quali sono e quali possono essere gli interventi formativi adatti per il loro sviluppo. Diverse rassegne della letteratura hanno già indagato il tema dell'industria 4.0, ma senza interrogarsi su quali competenze sono necessarie nel nuovo panorama che si sta delineando e senza mettere in evidenza i possibili risvolti in ambito formativo (Liao et al., 2017; Parente et al., 2020; Xu et al., 2018; Zhong et al., 2017). Queste rassegne si concentrano infatti sulla genesi del fenomeno, sul definirne le caratteristiche o su aspetti tecnici dei cicli produttivi, limitandosi a rilevare la necessità di individuare strategie formative e modelli di organizzazione del lavoro appropriati al fine di promuovere la formazione continua sul lavoro (Liao et al., 2017). Data l'assenza di contributi che si interrogano sui risvolti dell'industria 4.0 nell'ambito della formazione professionale, è stata condotta una rassegna della letteratura internazionale al fine di dare risposta alle seguenti domande:

- Quali sono le competenze chiave per far fronte alla quarta rivoluzione industriale nei diversi settori professionali?
- Quali sono o quali potrebbero essere le strategie più adeguate a erogare e gestire la formazione professionale nell'ambito dell'industria 4.0?

Si ritiene che il presente contributo possa essere utile agli stakeholders della formazione professionale e delle aziende e a formatori e docenti della formazione professionale per potersi orientare nella definizione dei curriculum e nella progettazione dei percorsi formativi. Inoltre, può essere preso come riferimento per future ricerche empiriche sul tema oggetto dello studio.

Metodologia

Riferimenti teorici

La raccolta e la selezione dei contributi hanno seguito le linee guida proposte da Briner & Denyer (2012) per la realizzazione delle revisioni sistematiche nell'ambito dei contesti organizzativi, delle risorse umane e della formazione continua. Tale framework metodologico è stato scelto in quanto, invece che fare riferimento a procedure restrittive, propone dei principi metodologici (organizzazione, trasparenza, replicabilità, qualità, credibilità e rilevanza) attraverso cui declinare le fasi di collezione e selezione dei contributi a seconda degli obiettivi dello studio. Questo, secondo gli autori, consentirebbe di ottenere uno stato dell'arte sul tema in oggetto in grado di dare un

contributo teorico, metodologico e prospettico per indagini future e interventi applicativi (Briner & Denyer, 2012). Data la complessità dell'oggetto di ricerca, dovuta anche alla sua costante evoluzione, si è scelto di dare ampio respiro alla rassegna effettuando una raccolta di contributi di diversa natura analizzati successivamente mediante un approccio di sintesi di tipo integrativo. Questo si presenta particolarmente utile per poter combinare tali diversità metodologiche e disciplinari dei contributi raccolti, assumendo il valore dell'eterogeneità per la comprensione e lo studio di un fenomeno in costante evoluzione e non ancora del tutto definito (Rousseau et al., 2008) come l'ambito delle competenze per l'industria 4.0.

Raccolta dati

Sulla base dei principi metodologici proposti, si è disposta la procedura di raccolta dei materiali (vedi figura 1). Nella prima fase è stata elaborata e testata la stringa di ricerca. Nello specifico, il gruppo di parole chiave composto da *competence, skills, industry 4.0*, *Vocational education and training* è stato combinato attraverso le variabili booleane AND e OR ad altri vocaboli (*adult education*, *lifelong learning*, *artificial intelligence)* generalmente associati al focus dello studio. Nella seconda fase tale stringa è stata impiegata come criterio di ricerca nei database Scopus, Web of Science ed Eric, escludendo tutte le pubblicazioni precedenti al 2011, anno in cui è stato introdotto il concetto di industria 4.0. Questo ha consentito di individuare $N = 91$ contributi, a cui ne sono stati aggiunti $n = 3$ individuati attraverso altre fonti. Nella terza fase, una volta ridotti i contributi a $n = 64$ attraverso la rimozione dei duplicati ($n = 30$), sono stati esclusi gli studi non attinenti alla domanda di ricerca attraverso l'analisi di titoli e abstract ($n = 33$). Nella quarta fase, i contributi rimanenti ($n = 31$) sono quindi stati esaminati nella loro interezza, portando all'esclusione di altri $n = 18$ studi in quanto non ritenuti attinenti al focus della rassegna. Nell'ultima fase, i rimanenti $n = 13$ contributi sono stati analizzati in profondità al fine di rispondere alle domande di ricerca.

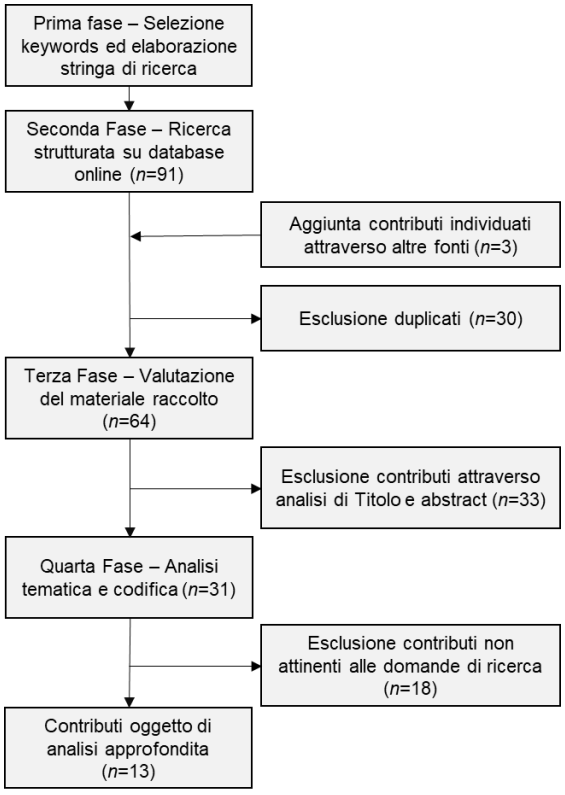

Figura 1. Procedura selezione contributi

I contributi estratti

I lavori oggetto di analisi (n = 13) si distinguono in n = 4 revisioni della letteratura, n = 4 studi empirici, n = 3 report di indagini redatti da organizzazioni internazionali, n = 1 contributo teorico e n = 1 report di progetti internazionali. Le principali informazioni relative ai contributi raccolti sono state schematizzate nella tabella 1, dove, per ogni studio viene riportata la tematica trattata, i settori lavorativi, le competenze oggetto di interesse e l'area geografica di provenienza.

Tabella 1. Sintesi contributi estratti.

Nr.	Autori, Anno	Tipologia di Contributo	Tematica	Settore	Competenze	Nazione
1	Avis, 2018	Revisione della Letteratura	Automatizzazione del lavoro; Sviluppo di Competenze come Risorsa.	Artigianato artistico, Attività commerciali, Chimica, Edilizia e Urbanistica, Educazione e Formazione, Gestione Risorse Umane, Industria Agroalimentare, Metalmeccanica, Informatica ed Elettronica, Telecomunicazioni e Trasporti.	Scientifiche e Digitali; Trasversali	GB
2	CEDEFOP, 2017	Report di Ricerca	Sfide per la Formazione Continua	Artigianato artistico, Attività commerciali, Chimica, Edilizia e Urbanistica, Educazione e Formazione, Grandi Distribuzioni, Gestione Risorse Umane, Industria Agroalimentare, Informatica ed Elettronica, Telecomunicazioni e Trasporti.	Scientifiche e Digitali; Trasversali	EU
3	CEDEFOP, 2018	Report di Ricerca	Sfide per Formazione Continua; Formazione per Innovazione	Artigianato artistico, Attività commerciali, Chimica, Edilizia e Urbanistica, Educazione e Formazione, Grandi Distribuzioni, Gestione Risorse Umane, Industria Agroalimentare, Informatica ed Elettronica, Telecomunicazioni e Trasporti.	Di base (alfabetizzazione); trasversali	EU
4	Loveder, 2017	Report di Ricerca	Sfide per la Formazione Continua	Edilizia ed Urbanistica, Industria Agroalimentare, Trasporti.	Scientifiche e Digitali; Trasversali	A
5	Moldovan, 2019	Revisione della Letteratura	Sfide per la Ricerca nell'industria 4.0 e per la Formazione Continua	Edilizia ed Urbanistica, Industria Agroalimentare, Trasporti, Educazione e Formazione.	Scientifiche e Digitali; Trasversali	R, PL, P, D, CY, BG
6	Molla & Cuthbert,	Studio Empirico	Necessità di alta formazione e	Edilizia ed Urbanistica, Industria Agroalimentare, Trasporti, Educazione e	Scientifiche e Digitali;	A

	2019		Competenze Scientifiche	Formazione.	Trasversali	
7	Payton, 2019	Studio Empirico	Sfide per la Formazione Continua	Metalmeccanico, Edilizia ed Urbanistica, Ristorazione ed Alimentazione, Amministrazione, Finanza e controllo d'impresa.	Scientifiche e Digitali; Trasversali	A
8	Pfeiffer, 2018	Studio Empirico	Soggettivazione delle pratiche lavorative. Interazione Uomo-Macchina	Metalmeccanico, Edilizia ed Urbanistica, Ristorazione ed Alimentazione, Amministrazione, Finanza e controllo d'impresa.	Tecnico-specifiche; trasversali	D
9	Plutenko, et al. 2018	Studio Empirico	Formazione per Innovazione e Cambiamento	Educazione e Formazione.	Di base (alfabetizzazione); trasversali	RUS
10	Sangmeister, et al. 2018	Contributo Teorico	Strumenti per la Formazione e per la Valutazione delle Competenze.	Metalmeccanico, Edilizia ed Urbanistica, Ristorazione ed Alimentazione, Amministrazione, Finanza e controllo d'impresa.	Competenze tecnico-specifiche	D
11	Umachandran, et al., 2019	Revisione della Letteratura	Formazione per Innovazione e Cambiamento	Artigianato artistico, Attività commerciali, Chimica, Edilizia e Urbanistica, Educazione e Formazione, Gestione Risorse Umane, Industria Agroalimentare, Metalmeccanica, Informatica ed Elettronica, Telecomunicazioni e Trasporti.	Di base (alfabetizzazione); trasversali	BIH, PI, IND, I, MAL, PL, USA
12	VET 4.0, 2019	Report di ricerca	Sfide per la Formazione Continua. Formazione docenti e formatori	Educazione e Formazione.	Tecnico-specifiche; trasversali	D, E, FIN, LT, NL, PL

13	Winterton & Turner, 2019	Revisione della Letteratura	Sfide per la Ricerca nell'industria 4.0 e per la Formazione Continua	Edilizia ed Urbanistica, Industria Agroalimentare, Trasporti, Educazione e Formazione.	Di base (alfabetizzazione); Trasversali; tecnico-specifiche	Eurasia

Risultati

Definizione di Industria 4.0

Dagli studi emerge come il concetto di quarta rivoluzione industriale sia ancora in via di definizione, dato che non risultano chiare quali saranno le future evoluzioni del fenomeno e i suoi risvolti (Sangmeister et al., 2018; Winterton & Turner, 2019). Mentre inizialmente l'industria 4.0 tendeva ad essere associata ai *cyber physical systems* e alle *smart factory*, limitando l'attribuzione del fenomeno a settori produttivi specifici, l'evolversi del processo innovativo ha visto il coinvolgimento della maggior parte dei settori lavorativi, servizi compresi (Checcucci, 2019; Confindustria, 2019; Jadhav & Mahadeokar, 2019; VET 4.0, 2019). L'industria 4.0 è quindi definita come un fenomeno caratterizzato da un esponenziale e globale trasformazione degli assetti lavorativi alla luce della digitalizzazione del lavoro attraverso l'impiego di *Internet of things*, *Information and communication Technologies, cloud computing, big data analysis*, e intelligenza artificiale e dall'automazione dei sistemi produttivi che richiedono una maggiore specializzazione dei profili professionali (Avis, 2018; Jadhav & Mahadeokar, 2019; VET 4.0, 2019). Già oggi nelle aree industrializzate del pianeta buona parte della popolazione adulta interagisce con sistemi automatizzati – il 43% nel contesto Europeo, il 45,8% negli Stati Uniti ed il il 53,7% in Asia (CEDEFOP, 2017, 2018; Chui et al., 2017).

Quali competenze per l'Industria 4.0?

Il concetto stesso di competenza è oggetto di dibattito in letteratura (Mulder & Winterton, 2017). Di conseguenza, prima di porre l'attenzione su quali possano essere le competenze per l'industria 4.0, si è ritenuto opportuno confrontare le concettualizzazioni di competenze riportate nei contributi con la letteratura sul tema, al fine di identificare una possibile cornice teorica di riferimento. Da questa analisi preliminare è emerso che gli studi presi in esame presentano molti elementi in comune con il framework teorico alla base degli standard indicati dall' European Qualification Framework (EQF), in quanto tendono a trattare le competenze come una sommatoria di conoscenze e abilità specifiche per la risoluzione di determinati compiti o come elementi che possono essere schematizzati per livelli a fini valutativi e di certificazione. Infatti, come si può notare nella tabella 1 in buona parte dei contributi (n = 6) si ritiene necessario individuare uno specifico mix di competenze per far fronte alla quarta rivoluzione industriale, mentre i rimanenti (n = 7) si concentrano principalmente su specifiche classi di competenze. Le diverse prospettive riportate sono state confrontate al fine di individuare similarità e differenze, arrivando all'identificazione di tre macro-aree di competenze, come riportate nella tabella 2, ovvero: le competenze scientifico-tecnologiche (STEM); le competenze tecnico specifiche (technical skills) e le competenze trasversali. In particolare, la tabella 2 raggruppa le competenze per macro-aree associate ad una breve descrizione delle stesse in riferimento agli ambiti applicativi, così come indicati dagli autori dei contributi raccolti e riportati nell'ultima colonna.

Tabella 2 - Competenze specifiche per macro-aree, descrizione e ambiti applicativi.

Macro-area Competenze	**Competenze**	**Descrizione e Ambiti applicativi**	**Riferimenti**
Scientifico-Tecnologiche (STEM)	• Programmazione e gestione sistemi digitali; • analisi di sistemi e analisi dati; • uso generico di	• Conoscenze e abilità qualificanti di specifici settori e profili lavorativi; • professioni altamente	Avis, 2018; CEDEFOP, 2018; Molla & Cuthbert, 2019 Loveder, 2017; Payton, 2017; Plutenko et al., 2018;

	strumenti tecnologici; • conoscenze matematiche, ingegneristiche e scientifiche.	specializzate, tecniche ed intellettuali.	Umachandran et al., 2019.
Tecnico-Specifiche (Technical-Skills)	• Monitoraggio e controllo di apparecchiature tecnologiche specifiche; • gestione e analisi dei contenuti digitali.	• Saper fare dei lavoratori*;* conoscenze e abilità di lavoratori non specializzati; • professioni tecniche specialistiche, p.e., amministrazione, finanza, gestione d'impresa.	CEDEFOP, 2017, 2018; Moldovan, 2019; Pfeiffer et al., 2018; Sangmeister et al., 2018; VET 4.0, 2019.
Competenze Trasversali (Soft Skills)	• Comunicazione efficace, ascolto attivo • competenze emotive; empatia, perseveranza, resilienza, cooperazione; • flessibilità cognitiva; • auto-orientamento ai servizi e alla formazione; • auto-imprenditorialità; • gestione e coordinamento delle risorse umane.	• Competenze gestionali, personali ed emotive; • conoscenze e abilità non riferite settori professionali specifici.	Avis, 2018; CEDEFOP, 2017, 2018; Loveder, 2017; Moldovan, 2019; Molla & Cuthbert, 2019; Payton, 2019; Pfeiffer, 2018; Plutenko, et al. 2018; Umachandran, et al., 2019; VET 4.0, 2019; Winterton & Turner, 2019

Competenze Scientifico-Tecnologiche – STEM

Questa prima classe riguarda quelle competenze che nella letteratura anglofona prendono il nome di *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM). Questa macro-area è stata identificata in quanto la letteratura esaminata fa riferimento alle seguenti aree di competenza, che si possono appunto ricondurre alle STEM: programmazione e gestione di sistemi digitali, analisi di sistemi e analisi dati e uso generico di strumenti tecnologici con riferimento agli aspetti matematici, ingegneristici e scientifici (Angotti, 2018; Loveder, 2017; Payton, 2017; Plutenko et al., 2018). In alcuni degli studi analizzati, gli autori insistono sulla necessità di sviluppo di un pensiero logico-matematico e sulla capacità di problem-solving legato all'uso della tecnologia e all'uso generale della stessa. Allo stesso tempo però, gli stessi autori evidenziano che l'apprendimento di queste competenze non possa essere scevro da percorsi esperienziali, al fine di renderle applicabili in termini pratici (Umachandran et al., 2019).

Competenze Tecnico-Specifiche

Secondo gli autori queste competenze comprendono due gruppi: 1) monitoraggio e controllo di apparecchiature tecnologiche specifiche dei settori lavorativi; 2) gestione e analisi dei contenuti digitali. Le competenze che consentono la riparazione e la manutenzione, quelle afferenti al primo gruppo, hanno implicazioni sia a livello organizzativo che finanziario. Infatti, da un lato la garanzia del corretto funzionamento degli apparati tecnologici permette di mantenere costanti i processi produttivi ed esecutivi, dall'altro, la disponibilità di addetti ai lavori in grado di gestire i processi di installazione e di riparazione, permette di mantenere contenute le spese e costante la produzione (Angotti, 2018; CEDEFOP, 2017; VET 4.0, 2019). Inoltre, queste competenze favoriscono una riqualificazione dei lavori routinari, nell'ambito dei quali gli stessi lavoratori coinvolti potrebbero andare a sviluppare un profilo professionale individualizzato. Infatti, Pfeiffer (2018) sostiene che il concetto di routine lavorativa troverebbe meno spazio in un contesto 4.0, in quanto nell'ambito manifatturiero, socio-meccanico e tecnico, il lavoratore sarebbe chiamato a combinare il proprio profilo con le peculiarità del processo produttivo. Per quanto riguarda il secondo gruppo di competenze, quelle relative alla gestione e analisi dei contenuti digitali, alcuni autori (Moldovan, 2019; Sangmeister et al., 2018; VET 4.0, 2019) discutono i possibili rischi per le professioni intellettuali non tecniche, dovuti alla richiesta di nuove competenze in ambito digitale. In molti dei settori che saranno modificati dall'industria 4.0 sono presenti profili professionali altamente specializzati sul piano intellettuale, ma che potrebbero comunque risentire di una mancata formazione di base in ambito tecnico-scientifico, formazione che, ad esempio, sta diventando sempre più necessaria per consentire l'uso di software basati sull'intelligenza artificiale che stanno velocemente invadendo anche settori professionali non marcatamente industriali, come i servizi amministrativi, la finanza, la gestione delle imprese, commerciali, il marketing, e non solo. Ad esempio, nell'ambito dell'istruzione e della formazione si richiede al personale docente di possedere una conoscenza approfondita degli strumenti e delle nuove tecnologie che faranno parte del lavoro, cosicché possano facilitare l'emergere e la trasmissione di tali abilità.

Competenze Trasversali

Questa classe di competenze comprende la comunicazione efficace, l'ascolto attivo, la gestione e il coordinamento delle risorse umane, l'auto-orientamento ai servizi e alla formazione, la flessibilità cognitiva e il saper stare e il saper essere sul piano micro ed intra-individuale. Diversi studi (Moldovan, 2019; VET 4.0, 2019) concordano nel revisionare i gradi di importanza delle competenze, dando largo spazio sia a quelle che consentono agli individui di reagire ai cambiamenti in atto (perseveranza, resilienza, cooperazione, ovvero trasversalità in termini contestuali e sociali) che a quelle di gestione degli stessi, in cui sono centrali l'empatia e l'attribuzione di significato sui diversi piani di lavoro individuale e professionale, contestuale ed organizzativo. Inoltre, Moldovan (2019) aggiunge a questo insieme misto di competenze, la propensione all'apprendimento continuo e all'imprenditorialità. Come si può notare, anche dalla consultazione della tabella 2, il concetto di competenze trasversali comprende conoscenze ed abilità di tipo gestionale, personale ed emotivo attribuendo dinamicità a questa classe di competenze. Queste caratteristiche sembrano trovare accordo con gli studi sui cambiamenti e i processi innovativi a livello lavorativo ed organizzativo di Sartori et al. (2018), che prediligono la proposta di linee guida anziché di quadri sistematici ed esaustivi delle competenze (Sloane, 2011). A questo proposito, secondo Sloane (2011) le competenze trasversali dovrebbero essere intese secondo l'analisi della relazione tra lavoratori e contesto, dove la letteratura di riferimento deve fare da sfondo per la comprensione del fenomeno.

Competenze e contesti lavorativi

Oltre a stabilire quali aree di competenza sono e/o potranno essere necessarie per far fronte ai cambiamenti dovuti alla quarta rivoluzione industriale, può essere utile anche capire come bilanciarle a seconda del contesto lavorativo. A tal riguardo alcuni autori evidenziano la necessità di dare una forte spinta verso le competenze STEM, acquisibili però solo tramite percorsi formativi di alto livello (Plutenko et al., 2018). Altri insistono maggiormente sulla necessità di promuovere le competenze trasversali, in modo da facilitare i processi di adattamento all'innovazione tecnologica mantenendo alto il livello di cooperazione tra i vari livelli lavorativi (Avis, 2018; Sangmeister et al., 2018). Altri ancora, sebbene dimostrino cautela nel dare indicazioni risolutive ed univoche, prevedono una sempre maggiore richiesta di competenze tecnico-specifiche in ambito digitale maggior parte dei settori lavorativi (Avis, 2018; Moldovan, 2019). Si ritiene inoltre doveroso mettere in evidenza che alcuni contributi (Sangmeister et al., 2018; Winterton & Turner, 2019) sottolineano la difficoltà di proporre prospettive e predizioni in quanto ritengono impossibile fare ipotesi su future competenze tecnico-specifiche, in quanto queste sono peculiari a particolari contesti lavorativi, contesti che non è possibile immaginare nei particolari. Secondo molti, questa imprevedibilità può essere fronteggiata sostenendo una posizione aperta ed incentivando la compresenza di competenze diversificate (Loveder, 2017; Plutenko et al., 2018; Umachandran et al., 2019).

Strategie formative per l'industria 4.0

Ma quali potrebbero essere le strategie più adeguate a erogare e gestire la formazione professionale nell'ambito dell'industria 4.0? Diversi autori sottolineano l'importanza di un'offerta formativa proposta sul luogo di lavoro e calibrata sui bisogni che questo richiama (Avis, 2018; CEDEFOP, 2017, 2018; Moldovan, 2019; Winterton & Turner, 2019). Viene dunque suggerita un'erogazione della formazione *on demand*, sulla base delle richieste dei lavoratori (Moldovan, 2019; VET 4.0, 2019). A tal riguardo, possibili problematicità vengono segnalate in caso di un mancato bilanciamento tra bisogni formativi dei lavoratori e competenze richieste per l'industria 4.0 (CEDEFOP, 2018). Un'altra strategia formativa rispetto a cui diversi autori si trovano in accordo è quella di predisporre percorsi di formazione centrati sulle competenze tecnico-specifiche allineati all'introduzione di tecnologie inedite, ad esempio l'intelligenza artificiale, sul luogo di lavoro (Loveder, 2017; Plutenko et al., 2018; Umachandran et al., 2019). Secondo Moldovan (2019), la modalità di erogazione che meglio si presta a promuovere lo sviluppo contemporaneo delle diverse classi di competenze in gioco è quella in formato digitale, online, in quanto consentirebbe una maggiore flessibilità a seconda di specifici bisogni contestuali. Ruolo della formazione sarà inoltre quello di facilitare i processi di soggettivazione del lavoro, ovvero facilitare la strutturazione di un'identità lavorativa a partire dalle caratteristiche delle nuove mansioni (Pfeiffer, 2018).

Conclusioni

La presente revisione della letteratura ha tentato di indentificare quali potranno essere le tre macroaree di competenze attorno alle quali andranno a delinearsi i curriculum e i modelli pedagogici nell'ambito della formazione professionale dei prossimi anni: le competenze Scientifico-Tecnologiche – STEM, le competenze tecnico-specifiche e le competenze trasversali. Nonostante, come già accennato, nell'ambito dei contributi raccolti le competenze vengano nella maggior parte dei casi considerate come elementi modulari, l'accento che diversi studi pongono sulla complementarietà delle diverse macroaree lascia intravedere anche la presenza di un latente approccio olistico al concetto di competenze, che non necessariamente deve essere antitetico a

quello EQF e che intende la competenza professionale come "capacità generica, integrata e interiorizzata di fornire prestazioni sostenibili ed efficaci (tra cui la risoluzione dei problemi, la realizzazione di innovazione e la creazione di trasformazione) in un determinato dominio professionale, lavoro, ruolo, contesto organizzativo e situazione lavorativa" (Mulder, 2014, p. 111). Pertanto, i risultati non sembrano suggerire un mero modello di competenze tripartito, composto da tre macroaree impermeabili tra loro, bensì un modello dinamico, dove le competenze trasversali e quelle scientifico-tecnologiche di base (ad esempio l'alfabetizzazione informatica) fanno da coadiuvante ai processi di sviluppo di competenze STEM di medio-alto livello e di competenze tecnico-specifiche. Entrambe queste classi di competenze sono e potrebbero essere sempre più indispensabili, anche se in misura diversa a seconda delle professioni e dei contesti lavorativi, per far fronte alle innovazioni introdotte dall'industria 4.0. In altre parole, potrebbero consentire ai lavoratori sia di individuare con maggior precisione quali sono i loro bisogni formativi specifici, che di esponenzializzare l'efficacia dei processi di apprendimento e di rendimento delle nuove competenze attraverso, ad esempio, la collaborazione facilitata dalle tecnologie digitali con i colleghi e le figure dirigenziali. I contributi analizzati suggeriscono inoltre alcune indicazioni sulle modalità di inclusione e apertura all'uso delle tecnologie 4.0 nel contesto lavorativo oltre a possibili direzioni future in tema di intervento e formazione per i lavoratori. Nel primo caso, stando alla letteratura analizzata, la spinta innovativa richiede una conoscenza del contesto in cui verranno inserite le nuove tecnologie ed una previsione dei possibili impatti che queste potrebbero avere sui lavoratori data la loro maturità ed il loro livello di professionalità. Ne consegue che per avviare processi di implementazione tecnologica nei contesti lavorativi, è necessaria una preliminare comprensione delle necessità dei lavoratori e dell'organizzazione come delle conseguenze che queste avranno sugli stessi, a partire dal loro profilo lavorativo e dalle competenze che saranno richieste. Nel secondo caso, come si è visto, la letteratura analizzata suggerisce la necessita di offerte formative erogate sul luogo di lavoro e calibrate sui compiti e le esigenze che questo richiama (Avis, 2018; CEDEFOP, 2017, 2018; Moldovan, 2019; Winterton & Turner, 2019). Gli autori insistono sulla necessità di offerte formative attente alle richieste dei lavoratori ed alle differenze professionali interne ai contesti lavorativi (Moldovan, 2019; VET 4.0, 2019). In questo modo sarebbe possibile ridurre il rischio di uno sbilanciamento tra la formazione erogata, i bisogni formativi dei lavoratori e le competenze richieste per l'industria 4.0 (CEDEFOP, 2018). Il modello dinamico-modulare emerso può essere utilizzato dai pratici e dagli stakeholder della formazione tramite la schematizzazione proposta in tabella 2, che può essere impiegata per la predisposizione di strumenti, o addirittura direttamente, per la rilevazione delle competenze richieste a livello (a) di settore professionale (macro), (b) organizzativo (meso) e (c) individuale (micro). Su queste basi, è possibile ricavare alcune indicazioni per la disposizione di interventi formativi. Nonostante sia difficile comprendere la natura di un intervento formativo ed identificarne a priori l'esito, un approccio dinamico alle competenze modulari come quello identificato nel presente lavoro può facilitare la predisposizione di interventi formativi declinati secondo i bisogni del contesto di riferimento e dei lavoratori (Sartori et al., 2018; Sloane, 2011). In altre parole, si può concludere come la formazione nell'era della quarta rivoluzione industriale debba prevedere una preliminare e costante valutazione dei cambiamenti lavorativi e organizzativi che consideri i bisogni macro dell'organizzazione senza tralasciare la professionalità dei singoli lavoratori. Ruolo della formazione può dunque essere anche quello di facilitare i processi di soggettivazione del lavoro, ovvero facilitare la strutturazione di un'identità lavorativa a partire dalle caratteristiche delle nuove mansioni (Pfeiffer, 2018). In generale, i progetti formativi dovrebbero essere dunque finalizzati a cogliere gli aspetti umanizzanti del lavoro in parallelo a quelli performativi, includendo la variabile tecnologico-digitale sia nel contenuto che nella forma (Avis, 2018; CEDEFOP, 2018). L'impiego di questi mezzi sembra essere particolarmente appropriato in quanto, anche secondo Manca et al.

(2009) questo potrà agevolare processi di soggettivazione e strutturazione dell'identità dei discenti di fronte ai nuovi assetti lavorativi. I contributi analizzati suggeriscono infatti l'impiego di strumenti digitali e ambienti virtuali per facilitare e velocizzare la soddisfazione di bisogni formativi specifici, senza tralasciare l'importanza dell'elemento esperienziale. In questo panorama sarà fondamentale il ruolo giocato dagli (e-)tutor e dei formatori per garantire l'erogazione dei contenuti attraverso i processi di facilitazione, istruzione e moderazione (Sansone et al., 2018). Ai formatori sarà richiesto di essere a conoscenza dei processi di cambiamento in atto e di sfruttare al meglio il potenziale delle tecnologie didattiche nella proposta di corsi formativi (Petrucco & Grion, 2015), coniugando la modalità a distanza con attività laboratoriali e di tirocinio.

Limiti e prospettive

Infine, il contributo presenta alcune limitazioni sulla base delle quali possono essere individuate possibili prospettive di ricerca future. Come visto, lo studio condotto si è limitato alle sole fonti di materiale disponibile nei motori di ricerca bibliografica considerati, per cui non risulta possibile essere certi che il contributo finale comprenda la totalità dei lavori sino ad ora prodotti in tema di competenze per l'industria 4.0. Possibili studi futuri potrebbero adottare metodologie di raccolta ancora più flessibili, tentando di considerare anche motori di ricerca bibliografica differenti, andando ad integrare i risultati del presente lavoro. Un ulteriore possibile sviluppo della presente ricerca bibliografica potrebbe andare a declinare le tre macroaree di competenze per le diverse classi di professioni, ad esempio quelle proposte da Istat (2017), integrando le informazioni non reperibili in letteratura attraverso una ricerca sul campo che coinvolga gli stakeholders della formazione e delle aziende nel tentativo di promuovere una descrizione comune del fenomeno. Ancora, tali approfondimenti potrebbero essere svolti alla luce di un più grande spettro esplorativo coinvolgendo le specificità territoriali e le localizzazioni delle industrie di riferimento in modo da comprendere in più larga parte l'utilità del modello dinamico disposto.

Bibliografia

Angotti, R. (2018). *Vocational education and Training in Europe: Italy*. https://cumulus.cedefop.europa.eu/files/vetelib/2019/Vocational_Education_Training_Europe_Italy_2018_Cedefop_ReferNet.pdf%0D (last access 28 August 2020)

Avis, J. (2018). Socio-technical imaginary of the fourth industrial revolution and its implications for vocational education and training: a literature review. *Journal of Vocational Education & Training*, *70*(3), 1–27. https://doi.org/10.1080/13636820.2018.1498907

Briner, R. B., & Denyer, D. (2012). Systematic Review and Evidence Synthesis as a Practice and Scholarship Tool. In D. M. Rousseau (Ed.), *The Oxford Handbook of Evidence-Based Management* (pp. 112–129). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199763986.013.0007

CEDEFOP. (2017). *Nota Informativa. Persone, Macchine, Robot e Competenze*. https://epale.ec.europa.eu/sites/default/files/persone_macchine_robot_e_competenze.pdf (last access 28 August 2020)

CEDEFOP. (2018). *Insights into skill shortages and skill mismatch: learning from Cedefop's European skills and jobs survey*. https://doi.org/10.2801/645011 (last access 28 August 2020)

Checcucci, P. (2019). *Lavoratori Maturi e Nuova Occupabilità. L'innovazione Tecnologica 4.0 in due Studi Territoriali* (INAPP Repo). INAPP (last access 28 August 2020)

Chui, M., Mehdi, J., & Miremadi, M. (2017). *The Countries Most (and Least) Likely to be Affected by Automation*. https://hbr.org/2017/04/the-countries-most-and-least-likely-to-be-affected-by-automation

Confindustria. (2019). *Dove Va L'Industria italiana*. Confindustria. https://www.confindustria.it/notizie/dettaglio-notizie/dove-va-industria-italiana-online-rapporto-2019

ILO. (2017). *Skills Needs Anticipation: Systems and Approaches. Analysis of stakeholder survey on skill needs assessment and anticipation*. https://www.ilo.org/skills/areas/skills-training-for-poverty-reduction/WCMS_616207/lang--en/index.htm

Istat. (2017). L'impatto sul mercato del lavoro della quarta rivoluzione industriale. Commissione "Lavoro, previdenza sociale " del Senato della Repubblica Roma, 12 luglio 2017. In *Atto n.974 Audizione del Presidente dell'Isituto Nazionale di Statistica*.

Jadhav, V. V., & Mahadeokar, R. (2019). The Fourth Industrial Revolution (I4.0) in India: Challenges & Opportunities. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, *Special Is* (Special Issue-FIIIIPM2019), 91–94. https://doi.org/10.31142/ijtsrd23072

Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. de F. R., & Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, *55*(12), 3609–3629. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576

Loveder, P. (2017). *Australian apprenticeship: trends, challenges and future opportunities for dealing with Industry 4.0*. 1–38.

Magone, A., & Mazali, T. (2016). *Industria 4.0. Uomini e macchine nella fabbrica digitale*. Guerini e associati, Milano, IT.

Manca, S., Benigno, V., & Persico, D. (2009). Self, Virtual Identity in Communication Technologies. *Qwerty, Rivista Interdisciplinare Di Tecnologia Cultura e Formazione Special Issue*,

4(1), 5–17.

Moldovan, L. (2019). State-of-the-art Analysis on the Knowledge and Skills Gaps on the Topic of Industry 4.0 and the Requirements for Work-based Learning. *Procedia Manufacturing*, *32*, 294–301. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.217

Mulder, M. (2014). *Conceptions of professional competence.* In S. Billett, C. Harties, & H. Gruber (Eds.), International handbook on research into professional and practice–based learning (pp. 107–137). Springer.

Mulder, M., & Winterton, J. (2017). *Introduction.* In Mulder, M., & Winterton, J. (eds) Competence-based Vocational and Professional Education (pp. 1–43). https://doi.org/10.1007/978-3-319-41713-4_1

Parente, M., Figueira, G., Amorim, P., & Marques, A. (2020). Production scheduling in the context of Industry 4.0: review and trends. *International Journal of Production Research*, *7543*. https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1718794

Payton, A. (2017). Skilling for tomorrow. *26th National VET Research Conference 'No Frills,'* 1–7. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED574755.pdf

Petrucco, C., & Grion, V. (2015). Teachers training and technology integration in the classroom: future teachers still no "social"? *Qwerty Rivista Interdisciplinare Di Tecnologia Cultura e Formazione*, *10*(2), 30–45.

Pfeiffer, S. (2018). The "future of employment" on the shop floor: Why production jobs are less susceptible to computerization than assumed. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, *5*(3), 208–225. https://doi.org/10.13152/IJRVET.5.3.4

Plutenko, A. D., Leyfa, A. V., Kozyr, A. V., & Haletskaya, T. V. (2018). Specific Features of Vocational Education and Training of Engineering Personnel for High-Tech Businesses. *European Journal of Contemporary Education*, *7*(2), 360–371. https://doi.org/10.13187/ejced.2018.2.360

Rousseau, D. M., Manning, J., & Denyer, D. (2008). 11 Evidence in Management and Organizational Science: Assembling the Field's Full Weight of Scientific Knowledge Through Syntheses. *Academy of Management Annals*, *2*(1), 475–515. https://doi.org/10.5465/19416520802211651

Sangmeister, J., Winther, E., Deutscher, V., Bley, S., Kreuzer, C., & Weber, S. (2018). *Designing Competence Assessment in VET for a Digital Future*. In Ifenthaler D. (ed.) Digital Workplace Learning (pp. 65–92). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46215-8_5

Sansone, N., Ligorio, M. B., & Buglass, S. L. (2018). Peer e-tutoring: Effects on students' participation and interaction style in online courses. *Innovations in Education and Teaching International*, *55*(1), 13–22. https://doi.org/10.1080/14703297.2016.1190296

Sartori, R., Costantini, A., Ceschi, A., & Tommasi, F. (2018). How Do You Manage Change in Organizations? Training, Development, Innovation, and Their Relationships. *Frontiers in Psychology*, *9*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00313

Sloane, P. (2011). *A guide to open innovation and crowdsourcing: Advice from leading experts in the field*. Kogan Page Publishers, London, UK.

Umachandran, K., Della Corte, V., Amuthalakshmi, P., Ferdinand-James, D., Said, M. M. T., Sawicka, B., & Jurcic, I. (2019). Designing learning-skills towards industry 4.0. *World Journal on Educational Technology*, *11*(2), 23. https://un-pub.eu/ojs/index.php/wjet/article/view/3978

VET 4.0. (2019). *The 4 th Industrial Revolution in Business Introduction to the VET provision*. http://vet-4-0.eu/CompetencesProfile.html?file=files/IO/VET 4_0 Research Report.pdf (last access 28 August 2020)

WEF. (2019). Cambiamenti nel Mondo del Lavoro. In *World Economic Forum*. Banca Internazionale per la Ricostruzione e lo Sviluppo. http://www.bollettinoadapt.it/wp-content/uploads/2019/03/WDR-2019-ITALIAN.pdf (last access 28 August 2020)

Winterton, J., & Turner, J. J. (2019). Preparing graduates for work readiness: an overview and agenda. *Education + Training*, *61*(5), 536–551. https://doi.org/10.1108/ET-03-2019-0044

Xu, L. Da, Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, *56*(8), 2941–2962. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806

Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering*, *3*(5), 616–630. https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015