

# Gli effetti occupazionali della digitalizzazione – una rassegna della letteratura

Daniela Freddi<sup>1</sup>

## 1 Introduzione

Lo scopo di questo lavoro è quello di fornire una rassegna dei contributi più rilevanti sulla relazione esistente tra i processi di digitalizzazione che stanno attualmente interessando i nostri sistemi economici e i loro effetti occupazionali. I processi di digitalizzazione sono guidati dalla convergenza di numerose tecnologie e infrastrutture internet, sviluppate in maniera indipendente negli ultimi decenni e disponibili oggi contemporaneamente, offrendo una vasta gamma di possibili applicazioni.

Secondo alcuni studiosi, le tecnologie ed infrastrutture digitali possono essere viste come *general purpose technologies* (tecnologie multiuso, GPTs) (Bresnahan e Trajtenberg, 1995; Helpman, 1998; Beaudry et al., 2016), cioè tecnologie che possono essere applicate a diversi settori economici, fornendo non solo la possibilità di aumentare l'efficienza dei prodotti e processi esistenti, ma anche di trasformarli radicalmente. Alcuni esempi di GPTs forniti da questi autori sono la macchina a vapore, i semiconduttori e la rivoluzione IT, che, citando Helpman (1998, p. 23), hanno “modificato la progettazione, la produzione, il marketing, la finanza e l'organizzazione delle imprese [...] creando un'ampia gamma di nuovi prodotti che incorporano chip, computer, e/o software.”<sup>2</sup> La grande pervasività delle GPTs può condurre a vere e proprie rivoluzioni industriali, come è successo nel passato, o almeno a un cambiamento dei principi fondanti dei sistemi economici.

Secondo autori come Degryse (2016) e Valenduc e Vendramin (2016), non esiste ancora un consenso generale circa i principi fondanti dell'economia digitale, sebbene se ne possano elencare alcune caratteristiche fondamentali attingendo alla letteratura prodotta sin qui:

---

1 Email: [daniela\\_freddi@er.cgil.it](mailto:daniela_freddi@er.cgil.it) (Daniela Freddi). Ires Emilia-Romagna.

2 “changing product design, production, marketing, finance and the organization of firms [...] creating a wide range of new products incorporating hard coded chips, computers, and/or software.”

1. L'informazione digitalizzata è diventata una risorsa strategica, e il network è diventato il principio organizzativo principale dell'intera economia e società. Una nuova generazione di tecnologie digitali sta generando quantità di dati senza precedenti e fornendo gli strumenti necessari a gestire questo patrimonio e sfruttarne il valore.
2. L'economia digitale—insieme ad una gamma sempre più vasta di attività economiche tangibili e intangibili—segue i principi dei rendimenti crescenti (esternalità di rete positive) con marginali nulli o quasi.
3. Nuovi modelli di business stanno nascendo al fine di sfruttare i 'mercati a due versanti' (*two-sided markets*) e l'economia basata sulle piattaforme, specialmente quelle che implicano la collaborazione o condivisione, e nuove dinamiche competitive—dominate dalla logica del '*winner takes all*' (il vincitore si prende tutto)—stanno prendendo piede nei mercati dei beni e servizi digitali.
4. Il modello emergente di produzione industriale (a cui spesso ci si riferisce come 'Industria 4.0') implica cicli di produzione breve di beni di massa personalizzati (*mass-customised goods*), la frammentazione globale delle catene del valore, la messa in rete delle capacità produttive e la sfocatura dei confini tra produttori, venditori e consumatori da un lato, e tra industria e servizi dall'altro.
5. Il calcolo della profittabilità degli investimenti tecnologici è stato rivoluzionato dal brusco calo dei costi di hardware e software, associato a un salto delle loro prestazioni ed efficienza produttiva. Ciononostante, non è ancora stato stabilito in modo diretto un rapporto causa-effetto tra innovazione tecnologica e incrementi di produttività, e la relazione tra tecnologia e produttività è ancora pesantemente determinata dall'adozione dell'innovazione da parte della società e dai cambiamenti organizzativi all'interno delle imprese.

Prima di passare ad illustrare i contributi principali alla letteratura sugli effetti occupazionali della digitalizzazione, riteniamo necessario richiamare che questo tema non è completamente nuovo, ma fa parte di una discussione più ampia sulla relazione esistente tra *innovazione* e occupazione. La letteratura in merito è estremamente vasta, e di conseguenza non è possibile fornire una rassegna esaustiva. Ci sono naturalmente alcuni aspetti di novità collegati ai più recenti sviluppi tecnologici, dei quali ci occuperemo nei prossimi capitoli.

Il presente lavoro è organizzato come segue: il Capitolo 2 fornirà una rassegna della letteratura circa la relazione tra innovazione ed occupazione; il Capitolo 3 si concentrerà sulla recente letteratura sulla relazione tra digitalizzazione ed occupazione; infine, il Capitolo 4 fornisce delle riflessioni conclusive e alcuni spunti per ulteriore ricerca.

## 2 Innovazione e occupazione

La relazione tra cambiamento tecnologico e innovazione è estremamente complessa ed è stata studiata da molti economisti per lungo tempo. Non avendo qui la possibilità di fornire una rassegna esaustiva di questa ricchissima letteratura, in questa sede presenteremo solo i contributi più rilevanti e le loro principali differenze.<sup>3</sup>

Il tema della relazione tra innovazione ed occupazione è presente persino negli economisti Classici. Per fare alcuni esempi, James Steuart si è occupato del problema della disoccupazione causata dalle meccanizzazione; Adam Smith ha sottolineato come le macchine potessero favorire la divisione del lavoro e ne sottolineò l'effetto *labour-saving*. In merito al calo occupazionale e al de-skilling del mercato del lavoro causati dalla meccanizzazione all'inizio del XIX secolo, David Ricardo riteneva che l'economia potesse compensare gli effetti negativi sull'occupazione, ma affermò anche che: "L'opinione accarezzata dalla classe lavoratrice che l'utilizzo di macchine vada spesso a detrimento dei loro interessi, non è fondata su pregiudizio o errore, ma è corrispondente ai principi corretti dell'economia politica",<sup>4</sup> riconoscendo quindi che le macchine potessero causare disoccupazione. Karl Marx era altamente critico nei confronti della teoria della compensazione, ritenendo che la crescente disoccupazione e i processi di de-qualificazione e perdita di controllo dei lavoratori sul loro stesso lavoro fossero causati dalla meccanizzazione. Su questo, Panzieri (1961) illustra come il progresso tecnologico sia uno strumento per il capitalista per incrementare la sua autorità e il controllo sul processo lavorativo.

Il tema del ruolo della tecnologia nella creazione o distruzione di posti di lavoro è stato affrontato in contributi moderni, appartenenti a

---

3 Per un approfondimento sui diversi approcci teorici, si vedano Meyer-Kramer (1992), Vivarelli (1994), Petit (1995).

4 "The opinion, entertained by the labouring class that the employment of machinery is frequently detrimental to their interests, is not founded on prejudice and error, but is conformable to the correct principles of political economy" (Ricardo, 1951, p. 392).

diversi filoni di letteratura, che qui richiameremo brevemente. Pianta (2005) fornisce il riassunto dei diversi approcci teorici alla relazione tra innovazione ed occupazione presentato nella Tabella 1.

Il principale elemento che differenzia i diversi approcci teorici è legato alla capacità o meno dei mercati dei prodotti e del lavoro di tornare in equilibrio dopo uno shock, spesso esogeno. Partendo dall'approccio dominante, l'innovazione è trattata come un cambiamento esogeno della tecnologia, che causa un cambiamento nella funzione di produzione e infine crescita economica ed aumento dell'occupazione. Le moderne *'new growth theories'*, adottano un approccio diverso al tema dell'innovazione, che è vista come una fonte di crescita endogena. I contributi nel campo dell'economia del lavoro si concentrano maggiormente sulle variazioni dei livelli occupazionali e salariali guardando ai diversi elementi che possono influenzare il mercato del lavoro, tra i quali la tecnologia è considerata secondaria. Nonostante gli sforzi di alcuni contributi, nel mainstream il cambiamento tecnologico avviene sempre in un contesto di equilibrio generale o parziale, quindi con l'ipotesi che il sistema sarà sempre in grado di aggiustarsi. In particolare, la disoccupazione è sempre considerata temporanea, poiché si assume che un aggiustamento salariale, accettato dai lavoratori, riporterà il sistema in equilibrio. In questo contesto, la disoccupazione non può essere strutturale, e non esiste alcuna disoccupazione tecnologica; se la realtà mostra andamenti differenti, ciò è dovuto a rigidità del mercato del lavoro quali la contrattazione collettiva o la presenza di un minimo salariale. Inoltre, in questi studi non c'è distinzione tra diverse tipologie di innovazione, poiché il progresso tecnologico è visto solo come innovazione di processo.

Tabella 1: Un riassunto degli approcci a innovazione e occupazione

Main research questions <i>Does technology create or destroy jobs?</i>	General approach	Major streams of literature and key findings	Key assumptions and methodology	Main level of analysis
<b>Equilibrium of product and labour markets</b>				
What is the amount of jobs created/lost	Labour economics	Job demography and flexibility of labour markets.	Product and labour markets are in equilibrium	Firms, industries, macroeconomy
What is the skill composition What is the structure of wages		Technical change favours more skilled workers, replaces the unskilled, exacerbates inequality.  Supply of educated workers shapes technical change.  Technological unemployment is irrelevant.	The absolute level of job lost/gained is irrelevant.  Complementarity between IVTs and high skills.	
What are the returns from innovation	Growth	Technology, productivity, growth, employment: innovation may raise the natural rate of unemployment	Standard production function, focus on process innovation.	Industries, macro
What is the innovation input to growth	New growth theory	Endogenous innovation, growth and employment may happen	Innovating and non innovating firms, spillovers, focus on process innovation.	Macroeconomy
<b>Disequilibrium perspectives</b>				
What is the type of innovation What is the amount/nature of unemployment	Evolutionary	Technological opportunities, variety, regimes: firms' strategies and industries outcomes are different	Innovation brings disequilibrium in markets New product markets emerge	Firms, industries
What are the structural	Neo-Schumpeterian	Techno-economic paradigms and	Radical innovations,	Industries, macro

factors What are the demand factors		long waves: mismatches can lead to unemployment	pervasiveness, diffusion of new technology systems and ICTs	
What are the distribution effects What are the institutions	Structural  Regulationist	Sectoral composition of economies: specificity of innovation and demand, different job results  Macromodels for testing indirect effects of innovation: compensation mechanisms may not work	Innovation is differentiated: contrasting effects of new products and processes  Industries are different, demand is important Countries are different, institutions are important	Industries  Macroeconomy

Fonte: Pianta (2005, p. 570)

Come mostrato nella Tabella, una prospettiva radicalmente diversa è quella del disequilibrio, all'interno della quale non viene fatta l'ipotesi secondo cui il sistema economico si adatta automaticamente agli shock (spesso esogeni). Al contrario, quando emergono tecnologie radicalmente nuove che conducono ad un cambiamento del paradigma tecnologico (Dosi, 1982), come ad esempio la diffusione dell'ICT, una grande quantità di posti di lavoro possono essere creati o distrutti. In questo contesto, la stima della quantità e delle tipologie di posti di lavoro che possono essere distrutti o creati diventa un compito estremamente complesso, dal momento che l'esito dipende dal processo di diffusione e adozione del nuovo paradigma tecnologico che, offrendo nuove opportunità, può anche rendere inadeguate le vecchie competenze. Quindi, secondo l'approccio del disequilibrio, la disoccupazione tecnologica esiste ed è causata dalle lentezza del mercato del lavoro nel 'processo di adeguamento'. Il 'processo di adeguamento', che è cruciale in questo contesto teorico, è l'interazione tra la società e le nuove tecnologie, in cui entrambe le parti reagiscono e cambiano attraverso le opportunità che si offrono a vicenda.

In particolare vogliamo qui richiamare il contributo seminale di Schumpeter, che ha influenzato gli studi prodotti in seguito sul tema del cambiamento tecnologico. Differentemente dagli economisti precedenti e suoi contemporanei, neoclassici e keynesiani, Schumpeter pose il progresso tecnico al centro della dinamica economica, identificando

nell'innovazione la principale fonte di disequilibrio nel sistema economico. Ci sono due ragioni, secondo Schumpeter, per cui l'innovazione può perturbare l'intero sistema economico. La prima è che le innovazioni non hanno luogo armoniosamente all'interno dell'economia, ma tendono piuttosto a concentrarsi nei settori chiave, innescando aggiustamenti strutturali tra settori. La seconda è che l'introduzione e lo sfruttamento delle innovazioni generano cicli economici, con lunghi periodi di crescita seguiti da periodi di declino. Ciò avviene perché quando l'innovazione è introdotta definitivamente, dopo un periodo di 'false partenze', ha luogo un periodo di crescita tumultuosa accompagnata dall'imitazione, con un grande numero di nuove imprese che fanno ingresso nel mercato per sfruttare le nuove opportunità. In seguito, questo 'effetto sciame' porta alla saturazione del mercato e l'espansione economica comincia a rallentare. Di conseguenza, non solo la disoccupazione tecnologica esiste, ma è anche coerente con il suo modello: “[gli economisti] sono abituati a distinguere tra disoccupazione ciclica e tecnologica e a metterle in contrapposizione. Ma il nostro modello porta a concludere, fondamentalmente, la disoccupazione ciclica è disoccupazione tecnologica. [...] La disoccupazione tecnologica [...] è l'essenza del nostro processo e, collegandosi come fa con l'innovazione, è ciclica per natura. Abbiamo visto, infatti, nella nostra indagine storica, che periodi prolungati di occupazione al di sopra del normale coincidono con i periodi in cui i risultati delle invenzioni si stanno diffondendo nel sistema, e in cui la reazione del sistema domina la situazione economica, come ad esempio negli anni '20 e '80 del XIX secolo.”<sup>5</sup>

Nonostante le differenze significative tra l'approccio di equilibrio e di disequilibrio, entrambe le teorie concordano sul fatto che il periodo di aggiustamento al cambiamento tecnologico non è automatico, può richiedere molto tempo e può non essere così armonioso. Persino nei

---

5 “[Economists] have a habit of distinguishing between, and contrasting cyclical and technological unemployment. But it follows from our model that, basically, cyclical unemployment is technological unemployment. [...] Technological unemployment [...] is the essence of our process and, linking up as it does with innovation, is cyclical by nature. We have seen, in fact, in our historical survey, that periods of prolonged supernormal unemployment coincide with the periods in which the results of inventions are spreading over the system and in which reaction to the [??] by the system is dominating the business situation, as for instance, in the twenties and in the eighties of the nineteenth century.”(Schumpeter, 1939, pp. 515-16)

modelli neoclassici più estremi si riconosce che l'equilibrio nei mercati autoregolanti viene raggiunto con alcune conseguenze problematiche. L'opposto di questa posizione estrema si può vedere in autori come Perez (1983) e Boyer (1988), i quali ritengono che la depressione è causata dall'incompatibilità tra il nuovo paradigma tecnologico e il contesto sociale e istituzionale esistente. Nella loro visione, l'incompatibilità si può risolvere solo attraverso l'intervento politico volto cambiare il contesto istituzionale, che può condurre a cambiamenti nel sistema scolastico, nelle relazioni industriali, nei mercati dei capitali, ecc.

Studi empirici più recenti sono andati oltre l'analisi dell'innovazione nel suo complesso, distinguendo tra diversi tipi di innovazione, principalmente innovazione di prodotto, di processo, e organizzativa, cercando di misurare l'impatto effettivo sull'occupazione di ciascuna tipologia. Presenteremo alcuni dei contributi più rilevanti di questo filone di letteratura empirica nel prossimo Capitolo. Prima di procedere è opportuno ricordare che grande attenzione è stata riservata, anche dagli studiosi, al modo in cui l'innovazione si diffonde nel sistema economico e a quei fattori che possono influenzare il processo, accelerandolo o rallentandolo. Secondo Hall (2003, p. 2), "si può affermare che senza diffusione, l'innovazione avrebbe un piccolo impatto sociale o economico. Nello studio dell'innovazione, la parola diffusione è comunemente utilizzata per descrivere il processo attraverso cui individui e imprese in una società/economia adottano una nuova tecnologia, o rimpiazzano una vecchia tecnologia con una più nuova. Ma la diffusione non è solo il mezzo attraverso cui l'innovazione diventa utile diffondendosi tra la popolazione, è anche una parte intrinseca del processo di innovazione stesso, poiché l'apprendimento, l'imitazione e gli effetti di feedback che emergono durante il processo di diffusione di una nuova tecnologia rafforzano l'innovazione originaria."<sup>6</sup> In ultima analisi, tutti questi

---

6 "it is safe to say that without diffusion, innovation would have little social or economic impact. In the study of innovation, the word diffusion is commonly used to describe the process by which individuals and firms in a society/economy adopt a new technology, or replace an older technology with a newer. But diffusion is not only the means by which innovations become useful by being spread throughout a population, it is also an intrinsic part of the innovation process, as learning, imitation, and feedback effects which arise during the spread of a new technology enhance the original innovation".

elementi influenzano il tasso di adozione e utilizzo delle innovazioni attraverso l'economia e quindi influenzano l'impatto sull'occupazione.

## 2.1 Gli effetti quantitativi sull'occupazione dell'innovazione

In questo Capitolo presenteremo le evidenze empiriche più rilevanti circa l'impatto dell'innovazione sull'occupazione, normalmente misurato in termini di posti di lavoro o di ore lavorate. Lo faremo principalmente seguendo lo schema, e il riassunto dei risultati, offerto da Pianta (2005) e presentato nella Tabella 2. Come evidenzia la Tabella, gli effetti quantitativi dell'innovazione sull'occupazione possono essere studiati a tre diversi livelli: il livello dell'impresa, dell'industria, e il livello macroeconomico.

Tabella 2: Effetti quantitativi dell'innovazione sull'occupazione: studi empirici selezionati

Study	Countries	Years	Level of analysis	Innovation data sources	Results on employment
<b>Firm level studies</b>					
Machin and Wadhvani, 1991	UK	1984	Cross firm, manufacturing	British workplace industrial relations survey	Positive
Brouwer, Kleinknecht and Reijnen, 1993	Netherlands	1983-8	Cross firm, manufacturing	Dutch survey	Negative with product innovation
Meghir, Ryan and Van Reenen, 1996	UK	1976-82	Panel of firms, manufacturing	SPRU Innovation database and patents	Positive with more flexibility
Van Reenen, 1997	UK	1976-82	Panel of manufacturing firms	Survey on UK firms	Positive
Smolny, 1998	Germany	1980-92	Panel of manufacturing firms	Survey on German firms	Positive
Greenan and Guellec, 2000	France	1986-90	Cross firm, manufacturing Cross sector	Innovation survey	Positive at the firm level Negative at the industry level for process innovation
<b>Industry-level studies</b>					

Meyer-Kramer, 1992	Germany	1980s	Input Output Model of all economy	Industry data	Negative, differentiated by sector
Vivarelli, Evangelista and Pianta, 1996	Italy	1985	Cross sector 30 manufacturing industries	Innovation survey	Negative of process innovation Positive of product innovation
Pianta, 2000, 2001	5 EU countries	1989-93	Cross sector 21 manufacturing industries	Innovation survey	Overall negative Positive of product innovation
Antonucci and Pianta, 2002	8 EU countries	1994-9	Cross sector 10 manufacturing industries	Innovation survey	Overall negative Positive of product innovation
Evangelista and Savona, 2002, 2003	Italy	1993-5	Cross sector service industries	Innovation survey	Overall negative Differentiated by service industries and size
<b>Macroeconomic-level studies</b>					
Layard and Nickel, 1985	UK	1954-83	Macro model	Labour productivity	Neutral
Vivarelli, 1995	US and Italy	1966-86	Macro model	R&D linked to product and process innovations	Differentiated by compensation mechanism and country
Simonetti, Taylor and Vivarelli, 2000	US, Italy, France, Japan	1965-93	Macro model	R&D linked to product and process innovations	Differentiated by compensation mechanism
Simonetti and Tancioni, 2002	UK and Italy	1970-98	Macro model quarterly data	R&D linked to product and process innovations	Differentiated by compensation mechanism
<b>Simulation studies</b>					
Leontief and Duchin	US	1980-2000	Input output model all economy	Assumptions on performance	Negative
Kalmbach and Kurz	Germany	2000	Input output model all economy	Assumptions	Negative
IPTS-ESTO, 2001	Europe	2000-2020	General equilibrium model all economy	Assumptions on productivity growth	Positive, differentiated by innovation policy

Fonte: [p. 577]pianta2005

Iniziando dagli studi condotti al livello delle singole imprese, è importante notare che esiste un gran numero di analisi di questo tipo, condotte prevalentemente attraverso l'uso di panel data relativi a una serie di settori, spesso manifatturieri, a livello nazionale.<sup>7</sup> In generale, i risultati di questi studi mostrano effetti positivi dell'innovazione sull'occupazione, poiché le imprese che introducono innovazioni di prodotto, di processo o organizzative tendono a essere più competitive, più produttive e a espandere la loro quota di mercato, e quindi a crescere più velocemente, con implicazioni positive sul numero di posti di lavoro. La debolezza di questi studi è che mostrano cosa accade a un gruppo di imprese ma non dicono niente sull'economia nel suo complesso. In altre parole, se la crescita delle imprese innovative avviene a spese dei concorrenti, l'effetto globale può essere negativo.

Per superare i limiti della generalizzazione dei risultati delle analisi svolte al livello delle singole imprese, gli studiosi si sono concentrati sugli effetti al livello dell'industria, che tengono in considerazione sia le conseguenze dirette a livello delle imprese, come nelle analisi di cui sopra, che gli effetti indiretti che hanno luogo all'interno dell'industria.

Il livello dell'industria è, secondo i ricercatori che l'hanno analizzato, il "livello di analisi più soddisfacente, poiché è in grado da un lato di differenziare tra una gran varietà di regimi e strategie tecnologiche, e dall'altro di introdurre la dinamica della domanda in specifici settori, tenendo in considerazione le differenze nelle strutture economiche di diversi paesi."<sup>8</sup> La maggior parte degli studi empirici mostrano che l'innovazione di prodotto e di processo hanno effetti occupazionali di segno opposto: l'innovazione di prodotto, specialmente se sviluppata nel contesto di forte crescita della domanda, ha effetti positivi, mentre l'innovazione di processo, spesso adottata al fine di aumentare la produttività e ridurre i costi del lavoro, conduce alla perdita di posti di lavoro. Questi risultati sono stati raggiunti analizzando sia la manifattura che i servizi. L'analisi a livello dei settori fornisce quindi un'immagine diversa rispetto a quella offerta dagli studi condotti al livello delle singole imprese, specialmente nel caso di studi che riguardano l'Europa. L'evidenza empirica mostra che l'innovazione

---

7 Per una rassegna si veda Petit (1995), Chennells e Van Reenen (1999), Spiezia e Vivarelli (2002).

8 "most satisfactory level of analysis, as it is able, on the one hand, to differentiate between the variety of technological regimes and strategies and, on the other hand, to bring in the demand dynamics of specific sectors, taking into account country differences in economic structures" (Pianta, 2005, p. 579).

di prodotto ha avuto effetti positivi sull'occupazione ma, allo stesso tempo, la scarsa domanda causata dal rallentamento della crescita a partire dagli anni '90 e la concorrenza internazionale hanno indotto le imprese ad adottare strategie di riduzione dei costi del lavoro, potenziando quindi i processi di innovazione e ristrutturazione.

Gli studi macroeconomici tengono in considerazione un numero maggiore di effetti indiretti che agiscono nel sistema economico nel suo complesso, e possono quindi condurre a risultati diversi da quelli delineati sopra. In particolare, i ricercatori che hanno studiato gli effetti occupazionali dell'innovazione si sono concentrati sull'innovazione di processo, che è spesso labour-saving e che quindi conduce a un aumento della disoccupazione. Ricordiamo in questa sede il lavoro condotto da Pasinetti (1981), basato su un approccio Kaldoriano, che rispetto all'innovazione di processo, identifica alcune differenti tipologie che questa può assumere a seconda del livello di intensità in capitale e grado di meccanizzazione, con conseguenti ripercussioni sul processo di accumulazione del capitale stesso e sulla sostituzione del lavoro per mezzo di macchine. Vivarelli (1995) e Simonetti et al. (2000) hanno esplorato approfonditamente la relazione tra innovazione di processo e disoccupazione da una prospettiva macroeconomica, tenendo in considerazione l'esistenza di sei meccanismi che possono compensare l'impatto negativo dei processi di innovazione.

#### 1. Compensazione attraverso la riduzione dei prezzi.

“L'introduzione di nuove tecnologie di processo è spesso associata ad aumenti della produttività del lavoro e quindi a una riduzione nei costi unitari. In un'economia competitiva, la riduzione dei costi produce anche una riduzione dei prezzi dei beni esistenti, che a sua volta conduce a un aumento della domanda di beni e quindi a un aumento della domanda di lavoro.”<sup>9</sup>

#### 2. Compensazione attraverso la riduzione dei salari.

Si tratta del processo di aggiustamento tipico dell'approccio neoclassico, dove la disoccupazione tecnologica si risolve

---

9 “The introduction of new process technology is usually associated with increases in labour productivity and therefore a reduction in unit costs. In a competitive economy, the decrease in costs also produces a reduction in the prices of the existing goods which, in turns lead to an increase of the demand for goods and therefore an increase in the demand for labour” (Simonetti et al., 2000, p. 28).

attraverso una riduzione dei salari che induce le imprese ad assumere più lavoratori (la relazione di Phillips). Questo argomento si basa su ipotesi forti: che le imprese possano scegliere la loro intensità di capitale e che il calo dei salari non abbia effetti depressivi sulla domanda.

3. Compensazione attraverso nuovi investimenti.

Seguendo la linea teorica di Schumpeter, gli innovatori possono sfruttare posizioni di monopolio, quindi beneficiare di extra profitti che possono essere reinvestiti e generare nuova occupazione. Tuttavia, i profitti possono essere accantonati invece che investiti, e se vengono investiti l'investimento è in nuovo capitale alle spese dell'occupazione. Inoltre, i lavoratori possono riuscire ad appropriarsi di una parte dei profitti attraverso aumenti salariali che condurrebbero ad una riduzione dell'occupazione.

4. Compensazione attraverso nuovi prodotti.

Come visto precedentemente, nuovi prodotti possono generare nuove attività e nuovi mercati, con effetti (diretti) positivi sull'occupazione. Inoltre, "la aumentata competizione Schumpeteriana generata dai nuovi prodotti sul mercato possono far calare i prezzi e quindi rinforzare il meccanismo di compensazione attraverso il calo dei prezzi. L'effetto occupazionale positivo può essere mitigato dall'effetto di sostituzione di nuovi prodotti per prodotti maturi."<sup>10</sup>

5. Compensazione attraverso nuove macchine.

Quando vengono introdotti nuovi beni capitale, si genera un effetto positivo per i produttori delle macchine. Tuttavia l'effetto di compensazione ha luogo se c'è un effetto netto, vale a dire se i nuovi beni capitale sono introdotti con investimenti aggiuntivi, non solo in sostituzione delle vecchie linee di produzione.

6. Compensazione attraverso reddito aggiuntivo.

---

10 "the increased Schumpeterian competition generated by new products on the market might drive price down and reinforce the compensation mechanism via decrease in price. The positive employment impact of product innovation may be mitigated by the substitution effect of new products versus mature goods" (Simonetti et al., 2000, p. 29).

Questo meccanismo è fondamentalmente quello keynesiano, dove l'innovazione genera redditi aggiuntivi attraverso l'aumento di profitti o salari, e quindi un aumento della domanda aggregata e dei consumi. Tuttavia, come visto in precedenza, questo meccanismo non è compatibile con quelli di compensazione attraverso nuovi investimenti e attraverso la riduzione dei salari.

In generale, gli studi che hanno investigato se e come funzionano questi meccanismi hanno raggiunto risultati diversi, a volte contrastanti, principalmente a causa della mancanza di dati e della complessità nella costruzione del modello, che deve tenere in considerazione tutte le relazioni rilevanti. “Le conclusioni generali di questi studi puntano a un impatto differenziato dell'innovazione a seconda delle condizioni macroeconomiche e dei fattori istituzionali dei diversi paesi. Gli effetti occupazionali dell'innovazione sono generalmente più positivi nelle economie in cui la generazione di nuovi prodotti e gli investimenti in nuove attività economiche sono maggiori, e in cui gli effetti di aumento della domanda associati alla riduzione dei prezzi sono più ampi”<sup>11</sup>

Infine, come esposto nella Tabella 2, la relazione tra innovazione e occupazione è stata studiata anche attraverso simulazioni – Leontief e Duchin (1986); Whitley e Wilson (1982); IPTS-EPSO (2001). Secondo Leontief e Duchin (1986, p. 12), “l'uso intensivo dell'automazione renderà possibile raggiungere, nei prossimi 20 anni, risparmi di lavoro significativi nella produzione degli stessi beni con il mix di tecnologie attualmente in uso. Più di 11 milioni di lavoratori in meno saranno necessari nel 1990, e più di 20 milioni in meno nel 2000 [...], ciò rappresenta un risparmio dell'8.5 e dell'11.7% rispettivamente di requisiti di lavoro rispetto allo scenario di riferimento.”<sup>12</sup> Whitley e

---

11 “The overall findings of these studies point to a differentiated impact of innovation depending on countries' macroeconomic conditions and institutional factors. The employment impacts of innovation generally are more positive in economies in which new-product generation and investment in new economic activities are higher, and in which the demand-increasing effects of price reductions are greater.” (Pianta, 2005, p. 582).

12 “the intensive use of automation will make it possible to achieve over the next 20 years significant economies in labor relative to the production of the same bills of goods with the mix of technologies currently in use. Over 11 million fewer workers are required in 1990,

Wilson (1982) hanno invece cercato di quantificare alcuni effetti compensatori che potrebbero controbilanciare gli effetti negativi generati dal cambiamento tecnologico, mostrando che sia cali che aumenti dell'occupazione sono possibili, a seconda delle ipotesi circa la velocità di diffusione e dalla domanda degli utilizzatori di microelettronica.

In generale, i risultati di questi studi, anche se molto interessanti perché prendono in considerazione scenari alternativi e le rispettive proiezioni, presentano alcune debolezze: quelli basati su un modello di equilibrio generale (IPTS-EPSO, 2001) non identificano la disoccupazione tecnologica, mentre l'utilizzo del modello Input-Output (Leontief e Duchin, 1986) non identifica gli effetti di compensazione. Inoltre, sono basati su ipotesi molto forti circa l'effetto di aumento della produttività del processo di innovazione. Infine, nel caso di Whitley e Wilson (1982), l'elemento di debolezza risiede nell'ipotesi fatta circa la diffusione e la domanda degli utilizzatori.

Citando il tentativo di Pianta (2005, p. 583) di riassumere la letteratura considerata fin qui, "sia gli studi settoriali che quelli aggregati evidenziano la possibilità di disoccupazione tecnologica, che emerge quando industrie o paesi vedono la prevalenza di innovazioni di processo nel contesto di domanda debole. Le imprese che innovano sia i prodotti che i processi possono riuscire a espandere produzione e occupazione indipendentemente dal contesto economico, ma spesso lo fanno alle spese delle imprese che non innovano. Le specificità di industrie, paesi e condizioni macroeconomiche sono determinanti cruciali dei risultati ottenuti negli studi empirici."<sup>13</sup> Infine, è opportuno sottolineare che tutti gli studi esaminati si riferiscono a economie nazionali, e la relazione tra occupazione e innovazione non è stata analizzata in una prospettiva globale, cosa che potrebbe condurre a nuovi e diversi risultati.

---

and over 20 million fewer in 2000 [...], this represents a saving of 8.5 and 11.7%, respectively, of the reference scenario labor requirements."

13 "both sectoral and aggregate studies generally point out the possibility of technological unemployment, which emerges when industries or countries see the prevalence of process innovations in contexts of weak demand. Firms innovating in both products and processes may be successful in expanding output and jobs regardless of the economic context, but often do so at the expense of non-innovating firms. The specificities of industries, countries, and macroeconomic conditions are crucial determinants of the results obtained in empirical studies".

## 2.2 Gli effetti qualitativi sull'occupazione dell'innovazione

Un'ampia letteratura facente parte dell'economia del lavoro si concentra sugli effetti qualitativi dell'innovazione sull'occupazione piuttosto che su quelli quantitativi. L'interesse verso questo tema è parzialmente dovuto al fatto che i ricercatori che hanno adottato l'approccio dell'equilibrio non hanno riconosciuto l'esistenza della disoccupazione tecnologica, come abbiamo visto, e hanno quindi cercato di identificare cambiamenti nelle caratteristiche del mercato del lavoro. In particolare, negli Stati Uniti sono stati prodotti numerosi studi che hanno concluso che l'evoluzione tecnologica che ha avuto luogo dagli anni '70 ha favorito la crescita del numero dei lavoratori qualificati che hanno sostituito quelli non qualificati, generando quindi, in ultima analisi, un aumento delle differenze salariali.

Alcuni dei contributi principali della cosiddetta letteratura *skill-biased-technical-change* (SBTC) presi in considerazione da Acemoglu (2002) sono: Krueger (1993), che ha pubblicato un influente articolo intitolato "How computers have changed the wage structures" ("Come i computer hanno modificato le strutture salariali"); Greenwood e Yorukoglu (1997, p. 87), che hanno affermato che "organizzare, e mettere in operazione, nuove tecnologie richiede spesso di acquisire e processare informazioni. Il fatto di essere qualificati facilita questo processo di adozione. Quindi, tempi di rapido cambiamento tecnologico dovrebbero essere associati a un aumento del rendimento della qualificazione."<sup>14</sup>

Nella sua rassegna di questo filone di letteratura, Acemoglu sottolinea che nonostante l'ampio consenso circa il fatto che il cambiamento tecnologico favorisca il lavoro qualificato, tendenza ulteriormente favorita dai cambiamenti tecnologici portati dall'ICT, si tratta di un fenomeno tipico del XX secolo. Nel XIX secolo, l'innovazione rappresentata dalle fabbriche e dalle linee di produzione ha rimpiazzato gli artigiani specializzati; si trattava quindi di un fenomeno che favoriva il lavoro non qualificato. "L'esperienza del XIX e della prima parte del XX secolo induce [...] a concludere che il cambiamento tecnologico fosse 'de-qualificante'—uno scopo rilevante

---

14 "setting up, and operating, new technologies often involves acquiring and processing information. Skill facilitates this adoption process. Therefore, times of rapid technological change advancement should be associated with a rise in the return to skill."

del cambiamento tecnico era quello di espandere la divisione del lavoro e semplificare compiti precedentemente svolti da artigiani, frammentandoli in fasi più semplici e meno impegnative.”<sup>15</sup>

Quali sono le determinanti delle diverse tendenze nei due secoli? Secondo Acemoglu, l’inizio del XIX secolo fu caratterizzato da sviluppi in grado di sostituire la specializzazione perché l’aumento dell’offerta di lavoro non qualificato nelle città inglesi rese profittevole l’introduzione di queste tecnologie. Al contrario, “il XX secolo fu caratterizzato da SBTC perché il rapido aumento dell’offerta di lavoro qualificato ha indotto lo sviluppo di tecnologie complementari alla specializzazione.”<sup>16</sup> In questi contributi esiste una sorta di complementarità tra il cambiamento tecnologico e delle competenze, dove non è solo l’offerta di competenze ad influenzare il cambiamento tecnologico, ma anche viceversa. Acemoglu e Autor (2011, p. 1044) sottolineano che: “il punto di partenza [...] è la constatazione che il rendimento della specializzazione, per esempio come misurato dai salari dei laureati relativamente ai diplomati, ha mostrato una tendenza ad aumentare nell’arco di più decenni nonostante l’ampio aumento secolare nell’offerta relativa di lavoratori con istruzione universitaria. Ciò suggerisce che, contemporaneamente all’aumento dell’offerta di specializzazione, c’è stato un aumento nella domanda (relativa) di specializzazione.”<sup>17</sup> Gli stessi autori suggeriscono, sulla base del lavoro di Tinbergen (1974, 1975), che la domanda relativa di specializzazione sia legata alla tecnologia, e in particolare alla propensione per la specializzazione del cambiamento tecnologico.

---

15 “The experience of the nineteenth and early twentieth century led [...] to argue that technical change was ‘deskilling’—a major purpose of technical change was to expand the division of labour and simplify tasks previously performed by artisans by breaking them into smaller, less skill-requiring pieces” (Acemoglu, 2002, p. 9).

16 “the twentieth century was characterized by SBTC because the rapid increase in the supply of skilled workers has induced the development of skill-complementary technologies.” (Acemoglu, 2002, p. 64).

17 “the starting point [...] is the observation that the return to skills, for example as measured by the relative wages of college graduate workers to high school graduates, has shown a tendency to increase over multiple decades despite the large secular increase in the relative supply of college educated workers. This suggests that concurrent with the increase in the supply of skills, there has been an increase in the (relative) demand for skills.”

Nella sua rassegna della letteratura sul tema in questione, Pianta (2005) spiega che un filone (Berman et al., 1998) confronta gli effetti della tecnologia con quelli dell'aumento del volume del commercio internazionale, concludendo che la tecnologia è stata la causa della maggior parte della riduzione dei posti di lavoro a bassa specializzazione; un altro filone (Doms et al., 1997), al contrario, ha mostrato che le nuove tecnologie vengono adottate estensivamente in impianti con un'alta concentrazione di lavoratori specializzati, ma non aumentano la domanda di specializzazione. Tuttavia, Pianta sottolinea anche che “quando si utilizzano misure più raffinate della specializzazione, la presenza di uno *skill bias* è meno evidente”<sup>18</sup>.

Howell (1996) raggiunge conclusioni radicalmente diverse da quelle dell'approccio SBTC, essendo in disaccordo con l'idea di un legame tra computerizzazione, aumento delle competenze e disuguaglianze salariali, mostrando che la struttura delle competenze negli Stati Uniti cambiò significativamente tra il 1973 e il 1983, ma pochissimo negli anni successivi, gli anni cioè in cui l'ICT cominciò a diffondersi ampiamente.

L'ultima osservazione che vogliamo fare in questo Capitolo è che è stato oggetto di studio non solo l'impatto sulle competenze generato dall'innovazione tecnologica, ma anche quello causato dall'innovazione organizzativa. Un gran numero di studi Europei hanno evidenziato che l'innovazione organizzativa è spesso più importante di quella tecnologica nel modificare la struttura delle imprese e le competenze associate (Caroli e Van Reenen, 2001; Greenan, 2003; Piva e Vivarelli, 2002). Inoltre, Antonioli et al. (2011) mostrano che sono le imprese che adottano più di un tipo di innovazione allo stesso tempo ad ottenere le migliori performance economiche. Questi autori hanno mostrato che l'adozione simultanea di diversi tipi di innovazione, tipicamente organizzativa e di processo, migliora la performance economica grazie al fatto che queste si completano a vicenda.

In generale, l'ampia letteratura che ha studiato la relazione tra innovazione tecnologica e cambiamento di competenze e salari ha mostrato chiaramente che esiste un legame tra questi fattori; tuttavia, presenta alcuni punti deboli dovuti al fatto che mancano di una prospettiva macroeconomica. In particolare sarebbe necessario integrare queste analisi tenendo in considerazione non solo il punto di vista, piuttosto ristretto, del mercato del lavoro, ma anche il contesto socio-economico in cui i cambiamenti in oggetto hanno luogo.

---

18 “when more refined measures of skill are used, the evidence of skill-bias is less clear” (Pianta, 2005, p. 584).

### **3 Digitalizzazione e occupazione**

In questo Capitolo ci concentreremo su un filone di letteratura più recente, quello che studia le caratteristiche socio-economiche dell'economia digitale, e il suo impatto sul mercato del lavoro. Riteniamo che le conclusioni dei contributi presentati nel Capitolo precedente possano essere utili per comprendere l'impatto dei processi di digitalizzazione e i loro legami con l'occupazione, poiché in molti casi le tecnologie digitali offrono nuove opportunità per l'innovazione organizzativa, di processo e di prodotto. Tuttavia, come già precisato nell'Introduzione, le tecnologie digitali possono avere numerose applicazioni dirimpenti, offrendo modi radicalmente nuovi di produrre, comprare e vendere, organizzare; con rilevanti conseguenze sull'occupazione e in generale sul funzionamento del sistema economico. Per questo motivo, in primo luogo richiameremo brevemente, nel paragrafo 3.1.1, le caratteristiche principali della cosiddetta economia digitale dal punto di vista tecnologico, presentando le nuove opportunità più rilevanti, insieme ai tratti fondamentali del dibattito circa le possibili applicazioni. In secondo luogo, illustreremo i contributi relativi all'impatto delle tecnologie digitali sul sistema economico nel suo complesso, poiché riteniamo che sia importante comprendere queste trasformazioni al fine di individuare con chiarezza quali possano essere i relativi impatti occupazionali. Infine illustreremo, nel paragrafo 3.1.2, i contributi più rilevanti in tema dell'impatto di tali innovazioni tecnologiche sull'occupazione.

#### **3.1 Aspetti chiave dell'economia digitale**

##### **3.1.1 Da un punto di vista tecnologico**

Secondo numerosi autori (Brynjolfsson e McAfee, 2014; Rifkin, 2014), il cambiamento tecnologico che stiamo attraversando offre alcune opportunità radicalmente nuove che possono condurre a trasformazioni significative non solo nel modo di produrre e fare business, ma anche nel sistema economico nel suo complesso. In particolare, c'è un crescente interesse nei confronti dell'impatto di alcune tecnologie particolari, come i robot, l'internet delle cose, la produzione additiva, e i *big data*.

Tra tutte queste tecnologie, l'utilizzo dei robot e il fatto che questi possano sostituire il lavoro umano è quella che ha attratto maggiormente l'attenzione dei lavori accademici. La ragione è che sembra che i robot moderni possano arrivare a sostituire il lavoro umano non solo nelle mansioni più semplici e ripetitive, ma anche in

quelle più complesse [per un'ampia trattazione del tema, e in modo particolare dell'utilizzo dei robot nelle applicazioni sociali, si veda Royakkers e van Est, 2016). Le capacità di questi robot è documentata soprattutto dal caso del supercomputer Watson, sviluppato dall'IBM, che ha gareggiato e vinto contro due umani in un famoso quiz televisivo americano (Brynjolfsson e McAfee, 2014). Questo episodio ha mostrato due importanti caratteristiche delle capacità cognitive dei robot. In particolare, mostrano che i robot potrebbero essere in grado di sviluppare due tipi di abilità che secondo Levy e Murnane (2004) solo gli umani posseggono: il 'riconoscimento degli schemi' (*'pattern recognition'*) e la 'comunicazione complessa'.

In linea con l'osservazione di Polanyi (1966) che, in quanto umani, 'we know more than we can tell', Levy and Murnane suggeriscono che i computer non potranno sostituire completamente gli umani, perché sono in grado di seguire istruzioni ma non di riconoscere schemi. Quindi sottolineano che "quando un guidatore gira a sinistra nel traffico, affronta un muro di immagini e suoni generati da auto in arrivo, semafori, facciate dei negozi, cartelloni, alberi, e da un vigile urbano. Usando la sua conoscenza, deve stimare la taglia e la posizione di ciascuno di questi oggetti a la probabilità che possano rappresentare un pericolo [...] il camionista possiede uno schema per riconoscere ciò che sta affrontando. Ma articolare tale conoscenza e incorporarla in un software che possa gestire situazioni estremamente articolate è un compito enormemente difficile."<sup>19</sup> Gli stessi autori suggeriscono anche che i computer non possono sostituire gli umani nelle comunicazioni complesse: "Le conversazioni fondamentali per insegnare, gestire, vendere, e svolgere molte altre mansioni in modo efficace richiedono di trasferire e interpretare un gran numero di informazioni. In questi casi, la possibilità di scambiare tali informazioni con un computer, invece che con un umano, è ancora molto lontana."<sup>20</sup>

---

19 "as the driver makes his left turn against traffic, he confronts a wall of images and sounds generated by oncoming cars, traffic lights, store fronts, billboards, trees, and a traffic policeman. Using knowledge, he must estimate the size and position of each of these objects and the likelihood that they pose a hazard [...] the truck driver [has] the schema to recognize what [he is] confronting. But articulating this knowledge and embedding it in software for all but highly structured situations are at present enormously difficult task" (Levy e Murnane, 2004, p. 28).

20 "Conversation critical to effective teaching, managing, selling, and many other occupations require the transfer and interpretation of a

Secondo Brynjolfsson e McAfee (2014), il caso di Watson ha mostrato non solo che i computer sono in grado sia di riconoscere gli schemi che di affrontare comunicazioni complesse, ma anche che apprendono molto velocemente: Watson infatti non vinse al primo tentativo, ma al secondo, quattro anni dopo. Altri autori hanno messo in dubbio la effettiva possibilità di superare pienamente il paradosso di Polanyi, affermando che al momento non è ancora così perché alcune mansioni si sono dimostrate estremamente difficili da automatizzare, specialmente le mansioni che implicano “flexibility, judgement and common sense” [“flessibilità, giudizio e senso comune”] (Autor, 2015, p. 22). Secondo questo contributo, possono esserci “due diverse strade che l’ingegneria e l’informatica possono cercare di percorrere per automatizzare mansioni per cui ‘non conosciamo le regole’: il controllo ambientale e l’apprendimento automatico.”<sup>21</sup>

Riguardo al controllo ambientale, Autor (2015, p. 24) utilizza il caso della Google self-driving car – spesso indicata come uno dei migliori esempi delle più sofisticate possibilità di sostituire le capacità degli umani – per sottolineare che queste non guidano sulle strade, ma sulle mappe: “una Google car si muove nella rete stradale principalmente confrontando i dati ottenuti in tempo reale dal suo sensore audiovisivo con mappe scrupolosamente redatte a mano che specificano l’ubicazione esatta di tutte le strade, i segnali, i cartelli, e gli ostacoli. La Google car si adatta in tempo reale agli ostacoli, come auto, pedoni, e pericoli stradali, frenando, girandosi e fermandosi. Ma se il software dell’auto stabilisce che l’ambiente in cui sta operando è diverso da quello che è stato pre-processato dai suoi ingegneri umani— quando incontra una deviazione inaspettata o un vigile al posto di un semaforo – l’auto richiede che l’operatore umano prenda il controllo. [...] Questi esempi evidenziano sia le limitazioni della tecnologia attuale nello svolgere mansioni non di routine, sia la capacità dell’ingegno umano di superare questi ostacoli ri-progettare l’ambiente in cui tali mansioni vengono svolte.”<sup>22</sup>

---

broad range of information. In these cases, the possibility of exchanging the information with a computer, rather than another human, is a long way off” (Levy e Murnane, 2004, p. 29).

21 “two distinct paths that engineering and computer science can seek to traverse to automate tasks for which we ‘do not know the rules’: environmental control and machine learning”.

22 “a Google car navigates through the road network primarily by comparing its real-time audio-visual sensor data against painstakingly hand-curated maps that specify the exact locations of all roads, signals,

In secondo luogo, l'apprendimento automatico potrebbe superare il fatto che gli ingegneri non sono in grado di programmare una macchina che 'simuli' mansioni non di routine seguendo degli script. Nel caso in cui un computer dovesse riconoscere una sedia "basandosi su grandi database cosiddetti '*ground truth*'—un enorme insieme di esempi dettagliati di oggetti classificati ed etichettati—uno script di apprendimento automatico tenterebbe di inferire quali caratteristiche di un oggetto rendono più o meno probabile che questo possa essere definito una sedia."<sup>23</sup> Tuttavia, secondo l'autore questi strumenti non hanno una buona performance, e se è vero che il famoso computer Watson ha vinto in un quiz televisivo, è anche vero che ha commesso errori importanti. Anche se secondo Andreopoulos e Tsotsos (2013) questi prodotti dovrebbero essere ancora considerati dei prototipi perché le tecnologie alla base si stanno sviluppando velocemente, Autor (2015) sottolinea che quando una persona deve identificare una sedia lo fa utilizzando la conoscenza del fatto che l'oggetto in questione è utilizzato per sedersi. Quindi gli esseri umani utilizzano il concetto di utilità (*'purposiveness'*), che è estremamente difficile da automatizzare e anche da essere sostituito tramite la registrazione di un gran numero di immagini.

Infine, vorremmo richiamare un ultimo punto controverso relativo alla capacità dei computer di sostituire il lavoro umano. Mentre alla fine degli anni '80 le capacità cognitive dei computer si stavano espandendo, aprendo quindi la possibilità di sostituire l'uomo in mansioni altamente specializzate, l'esperto di robotica Hans Moravec (1988, p. 15) ha sottolineato che era "relativamente semplice fare in

---

signage, and obstacles. The Google car adapts in real time to obstacles, such as cars, pedestrians, and road hazards, by braking, turning, and stopping. But if the car's software determines that the environment in which it is operating differs from the environment that has been pre-processed by its human engineers—when it encounters an unexpected detour or a crossing guard instead of a traffic signal—the car requires its human operator to take control. [...] These examples highlight both the limitations of current technology to accomplish non-routine tasks, and the capacity of human ingenuity to surmount some of these obstacles by re-engineering the environment in which work tasks are performed".

23 "relying on large databases of so-called 'ground truth'—a vast set of curated examples of labelled objects—a machine learning algorithm attempts to infer what attributes of an object make it more or less likely to be designated a chair" (Autor, 2015, p. 25).

modo che i computer esibissero capacità simili a quelle degli adulti nei test di intelligenza o giocando a scacchi, e difficile o impossibile dare loro le abilità di un bambino di un anno quando si trattava di percezioni e mobilità.”<sup>24</sup> Questo punto, divenuto poi noto come ‘paradosso di Moravec’ è coerente con quanto affermato in seguito dallo scienziato cognitivo Steven Pinker (2007, pp. 190-91): “la lezione principale di 35 anni di ricerca nel campo dell’Intelligenza Artificiale è che i problemi difficili sono facili e i problemi facili sono difficili [...]. Quando apparirà la nuova generazione di dispositivi, saranno gli analisti, ingegneri petrolchimici e i membri della commissione statale per la libertà vigilata a rischiare di essere sostituiti dalle macchine. I giardinieri, i receptionist, e i cuochi avranno la certezza del loro lavoro per i prossimi decenni.”<sup>25</sup> Anche se al momento non esiste alcuna chiara evidenza del fatto che il paradosso di Moravec sia stato superato, secondo Brynjolfsson e McAfee (2014, p. 31) i robot collaborativi Baxter, prodotti da *Rethink Robotics*, “non sono veloci o fluidi come un lavoratore umano ben addestrato al massimo della sua velocità, ma potrebbe non essere necessario che lo siano”<sup>26</sup>, mentre mostrano svariati vantaggi rispetto all’essere umano, ad esempio “possono lavorare tutto il giorno, tutti i giorni, senza bisogno di sonno, cibo, o pause caffè.”<sup>27</sup>

### 3.1.2 Dal punto di vista del sistema economico

Come abbiamo visto nell’Introduzione, alcuni ricercatori ritengono che le tecnologie che si stanno sviluppando siano così innovative da poter rivoluzionare il sistema economico. Anche se non esiste ancora un

---

24 “comparatively easy to make computers exhibit adult-level performance on intelligence tests or playing checkers, and difficult or impossible to give them the skills of a one-year-old when it come to perception and mobility”.

25 “the main lesson of the thirty-five years of Artificial Intelligence research is that the hard problems are easy and the easy problems are hard [...]. As the new generation of intelligence devices appears, it will be the stock analyst and petrochemical engineers and parole board members who are in danger of being replaced by machines. The gardeners, receptionists, and cooks are secure in their jobs for decades to come.”

26 “are not as fast or fluid as a well-trained human worker at full speed, but they might not need to be”

27 “can work all day every day without needing sleep, lunch, or coffee breaks.”

consenso circa i principi fondativi dell'economia digitale, secondo Valenduc e Vendramin (2016) ci sono cinque elementi chiave che la caratterizzano.

Il primo elemento è il ruolo dell'informazione digitalizzata, che è una risorsa economica strategica del nuovo sistema economico. Già negli anni '90 alcuni autori (Freeman e Soete, 1994; Castells, 1996) hanno riconosciuto l'emergere di un nuovo tipo di sistema economico basato sull'informazione digitale e sulla comunicazione. In tempi più recenti, il ruolo dell'informazione digitale è diventato progressivamente più chiaro; secondo Castells (2010), l'informazione non è più uno strumento per ridurre i costi di transazione, ma può essere vista come una risorsa abbondante che può creare valore per gli attori dell'economia sia digitale che tradizionale.

La seconda caratteristica del nuovo sistema economico, secondo Rifkin (2014) e Rochet e Volle (2015), è che i beni e servizi digitalizzati sono sia intangibili che non-rivali, e hanno un costo marginale di riproduzione nullo o quasi nullo. "Una delle implicazioni del principio dei rendimenti crescenti è che i costi di produzione e distribuzione mostrano una correlazione minima o nulla con i volumi prodotti, ma devono essere pagati solo quando si effettua l'investimento iniziale. I costi marginali quindi sono vicinissimi a zero, e quindi anche se l'economia digitale è ad elevata intensità di capitale, i beni digitali possono essere riprodotti in gran numero con costi unitari nulli o quasi nulli. Gli esperti di economia digitale ritengono che i mercati per i beni e servizi digitali seguano un modello di competizione oligopolistica, egemonizzati come sono da poche grandi compagnie che sono frequentemente il risultato di fusioni ed acquisizioni e le cui strategie si riducono accaparrarsi i clienti e tenere i concorrenti a distanza."<sup>28</sup> Se ciò fosse vero, le innovazioni con elevanti rendimenti di

---

28 "One of the implications of the principle of growing returns is that the costs of production and distribution bear little or no relation to the volumes produced, but must be paid when the initial investment is made. The marginal cost of production is accordingly close to zero, and so although the digital economy is highly capital intensive, digital goods can be reproduced in vast quantities at zero or quasi-zero unit cost. Digital economy experts believe that markets for digitised goods and services follow a model of monopolistic or oligopolistic competition, hegemonised as they are by a few large companies which are frequently born of mergers and acquisitions and whose strategies boil down to locking in customers and keeping competitors at arm's length." (Valenduc e Vendramin, 2016, p. 10)

scala potrebbero portare un cambiamento radicale rispetto ai sistemi economici precedenti, in cui i guadagni portati dall'innovazione erano consistenti solo nelle fasi iniziali, per poi ridursi progressivamente col la diffusione dell'innovazione stessa (Rosenberg, 1994).

Il terzo aspetto chiave dell'economia digitale è l'emergere di nuovi modelli di business. Secondo alcuni studiosi (Rochet e Tirole, 2006; Wauthy, 2008), questi modelli di business sono favoriti dai cosiddetti 'mercati a due versanti'. Secondo questa teoria, le piattaforme online consentono a due diversi gruppi di interagire e trarre beneficio dalle transazioni. Da un lato ci sono i consumatori che hanno accesso a servizi gratuiti o a basso costo, che in questo contesto sono anche produttori (e quindi sono a volte chiamati *'prosumers'*), poiché forniscono informazioni personali alla piattaforma. Dall'altro lato del mercato ci sono gli attori economici che forniscono un servizio, traendo beneficio dal fatto che questo è utilizzato da un gran numero di consumatori, anche grazie all'esistenza di esternalità positive. Secondo Brynjolfsson e McAfee (2014), questi modelli di business basati sulle piattaforme modificano le regole della concorrenza, essendo caratterizzati da un approccio *'winner takes all'*, il vincitore si prende tutto. In altre parole, inizialmente c'è una competizione tra piattaforme per il consolidamento della posizione sul mercato; una volta che la posizione è consolidata, le esternalità positive legate al numero crescente di utenti permette al vincitore di 'prendere tutto' e diventare praticamente l'unico fornitore.

Il quarto pilastro dell'economia digitale è la cosiddetta "Industria 4.0", espressione nata da un intervento di politica economica messo in campo dal governo tedesco fin dal 2011. Il termine designa generalmente una serie di tecnologie emergenti che possono essere adottate nel settore manifatturiero: la robotizzazione, la stampa 3D, l'internet delle cose (*Internet of things, IoT*), big data, cloud computing e realtà aumentata. Come abbiamo visto nel paragrafo 3.1.1, alcune di queste applicazioni, in particolare i robot, hanno attirato l'attenzione dei ricercatori perché renderebbero possibile un nuovo processo di automazione. Se la rassegna della letteratura recente riguardo alla possibilità di automatizzare mansioni lavorative e quindi rimpiazzare posti di lavoro con nuovi robot o computer verrà fornita nelle pagine successive, è utile anticipare qui che l'impatto delle altre opportunità tecnologiche attualmente disponibili non è ancora stato studiato. Ad esempio, la manifattura potrebbe essere profondamente trasformata dall'uso estensivo della stampa 3D, così come un'ampia gamma di innovazioni di prodotto potrebbe rendersi disponibile grazie all'IoT; tuttavia non esistono ancora studi in merito. Lo stesso può essere detto

per la realtà aumentata o per un uso più estensivo di big data e cloud computing.

L'ultimo tratto distintivo dell'economia digitale riguarda il basso costo di alcune nuove tecnologie, che potrebbe condurre ad un aumento della profittabilità grazie agli aumenti di produttività. L'esistenza di un legame diretto tra innovazione e produttività è stato messo in discussione da Robert Solow (1987): "si può vedere l'era dei computer ovunque, tranne che nelle statistiche sulla produttività."<sup>29</sup> Il legame causale tra innovazione tecnologica e produttività, misurata a livello macro, è stato discusso ampiamente in letteratura, così come lo è stato quello tra progresso tecnico e misurazione della produttività. Tra i contributi esistenti ricordiamo in particolare il dibattito tra lo stesso Solow e Pasinetti (su questo si veda Garbellini e Wirkierman, 2014).

In questa sede ci limitiamo a richiamare una serie di fattori che possono spiegare il cosiddetto 'paradosso di Solow'. Mentre al livello micro l'aumento della produttività può essere misurato facilmente, è più difficile fare lo stesso al livello macro, in particolare se gli aumenti di produttività sono ottenuti alle spese dei concorrenti meno innovativi. Inoltre, il pieno assorbimento e sfruttamento delle innovazioni tecnologiche richiede tempo, e non avviene con gli stessi tempi e modi in tutti i settori.

Nei paragrafi che seguono presenteremo la rassegna degli studi che di recente hanno affrontato il tema dell'impatto occupazionale dell'innovazione tecnologica in corso. La maggior parte di questi studi ha selezionato alcune innovazioni tecnologiche specifiche tentando di misurarne l'impatto occupazionale dal punto di vista quantitativo, o di comprendere i cambiamenti più rilevanti delle competenze e del tipo di occupazione ad esse associati dal punto di vista qualitativo. È importante sottolineare che non solo mancano studi relativi alle vaste possibilità tecnologiche collegate a Industria 4.0 e al loro impatto qualitativo e quantitativo sull'occupazione, ma mancano anche studi a livello macro che tengano in considerazione le trasformazioni del sistema economico nel suo complesso collegate alla digitalizzazione.

## **3.2 Gli effetti occupazionali della digitalizzazione**

### **3.2.1 Effetti quantitativi e qualitativi**

Negli ultimi anni una serie di studi ha cercato di stimare gli effetti occupazionali dei processi di digitalizzazione. Come sottolineato in

---

29 "you can see computer age everywhere but in the productivity statistics"

precedenza, le analisi prodotte sin qui si limitano al livello micro o meso, e sono spesso focalizzate sull'adozione di una specifica tecnologia o innovazione di processo; raramente si tratta di stime basate sulle nuove opportunità di business offerte dal cambiamento tecnologico o di studi che prendano in considerazione i meccanismi di compensazione a livello macroeconomico.

Uno dei lavori più citati è quello di Frey e Osborne (2013), che stima la possibilità che più di 700 mansioni, nel mercato del lavoro statunitense, possano essere computerizzate. Secondo i risultati ottenuti, circa il 47% dell'occupazione totale è a rischio negli USA. Gli autori ritengono che “mentre la computerizzazione è stata storicamente confinata a mansioni di routine costituite da attività esplicitamente *rule-based*, [...] gli algoritmi per i big data stanno ormai facendo il loro ingresso in ambiti dominati dal riconoscimento di schemi, e potranno rapidamente sostituire il lavoro in una ampia gamma di mansioni cognitive. Inoltre, i robot avanzati stanno acquisendo sensi e abilità migliorati, cosa che consente loro di svolgere un maggior numero di mansioni manuali [...]. Tutto questo probabilmente cambierà la natura del lavoro in tutte le industrie e le occupazioni.”<sup>30</sup>

La stessa metodologia è stata applicata allo studio della situazione europea (Bowles, 2014), concludendo che la proporzione di lavoratori che potrebbero essere rimpiazzati dal cambiamento tecnologico si attesta tra il 40% e il 60%. Secondo questo studio, i paesi che saranno maggiormente colpiti sono Romania, Portogallo, Bulgaria e Grecia.

Anche il World Economic Forum (2016) ha prodotto uno studio sul medesimo tema, utilizzando un'indagine che include 370 imprese localizzate in tutto il mondo. L'indagine ha coinvolto le cento maggiori imprese del mondo per ogni settore di interesse; in totale, le compagnie incluse occupano circa 13.5 milioni di persone. Secondo il report, “gli intervistati sembrano avere una visione negativa di quelli che saranno gli impatti occupazionali dell'intelligenza artificiale, anche se non al punto da ritenere che condurranno ad agitazioni sociali diffuse—almeno fino al 2020. Al contrario, entrando nel dettaglio dei singoli

---

30 “while computerisation has been historically confined to routine tasks involving explicit rule-based activities [...], algorithms for big data are now rapidly entering domains reliant upon pattern recognition and can readily substitute for labour in a wide range of non-routine cognitive. In addition, advanced robots are gaining enhanced senses and dexterity, allowing them to perform a broader scope of manual tasks [...]. This is likely to change the nature of work across industries and occupations.” (Frey e Osborne, 2013, p. 44)

fattori di cambiamento tecnologico nel calderone della quarta rivoluzione industriale si ottiene un'immagine più ottimistica riguardo al potenziale occupazionale di tecnologie come *Big Data analytics*, internet mobile, internet delle cose e robotica.”<sup>31</sup>. Parlando della crescita occupazionale in termini quantitativi, “gli intervistati si aspettano una forte crescita occupazionale nei campi di architettura ed ingegneria e di informatica e matematica, un calo moderato nei ruoli di manifattura e produzione e un calo significativo nei ruoli amministrativi e di ufficio. Altri campi quantitativamente rilevanti, come quello delle operazioni gestionali e finanziarie, delle vendite e delle operazioni connesse, e della costruzione ed estrazione, mostrano prospettive occupazionali decisamente piatte per il periodo 2015-2020.”<sup>32</sup>

Altri risultati empirici derivati da un'indagine riguardante 2500 compagnie europee sono in linea con le conclusioni del World Economic Forum study: “l'indagine non supporta la visione di alcuni economisti secondo cui il cambiamento strutturale—globalizzazione e innovazione tecnologica in particolare—distruggerà posti di lavoro in Europa. Secondo l'indagine, il numero di imprese che assumeranno più persone a seguito dell'introduzione di nuove tecnologie è esattamente uguale a quello delle imprese che stanno riducendo la forza lavoro per lo stesso motivo. E il numero di imprese che stanno espandendo l'occupazione per riportare la produzione *in-house* è praticamente identico a quello delle imprese che stanno riducendo la forza lavoro

---

31 “respondents seem to take a negative view regarding the upcoming employment impact of artificial intelligence, although not on a scale that would lead to widespread societal upheaval—at least up until the year 2020. By contrast, further unpacking the bundle of technological drivers of change in the mould of the Fourth Industrial Revolution yields a rather more optimistic picture regarding the job creation potential of technologies such as Big Data analytics, mobile internet, the Internet of Things and robotics.” (World Economic Forum, 2016, p. 11)

32 “respondents expect strong employment growth across the Architecture and Engineering and Computer and Mathematical job families, a moderate decline in Manufacturing and Production roles and a significant decline in Office and Administrative roles. Other sizeable job families, such as Business and Financial Operations, Sales and Related and Construction and Extraction have a largely flat global employment outlook over the 2015-2020 period.” (World Economic Forum, 2016, p. 11)

come risultato dell'*outsourcing*. Potrebbe esserci un po' di agitazione, ma il risultato netto è meno che chiaro."<sup>33</sup>

Lo studio di Frey e Osborne (2013) e altre analisi che hanno utilizzato la medesima metodologia sono state criticate sotto numerosi punti di vista. Secondo Valenduc e Vendramin (2016, p. 16): "l'incapacità di tenere in considerazione la natura diversificata del cambiamento organizzativo delle imprese e la natura complessa del processo di diffusione delle innovazioni è uno dei maggiori difetti [dello studio, che] cade in tutte le trappole tese dal paradosso di Solow."<sup>34</sup>

Secondo Bessen (2015), che pure è critico nei confronti dell'approccio di Frey e Osborne e degli studi simili, è troppo semplicistico pensare che solo perché i computer possono svolgere alcune mansioni, alcuni lavori verranno eliminati. Un esempio del contrario è quello degli sportelli bancari automatici (*ATMs*) che si sono enormemente diffusi negli anni '90, arrivando a più di 400 mila negli USA. Seguendo la logica di Frey e Osborne, ciò avrebbe dovuto condurre ad una forte riduzione nel numero degli sportelli bancari, che invece è cresciuto costantemente dopo il 2000. Secondo Bessen, ciò è accaduto perché le banche hanno aumentato il numero di filiali, e perché le mansioni che non si potevano automatizzare sono diventate più importanti: "dal momento che le banche hanno spinto per aumentare le loro quote di mercato, i cassieri sono diventati una parte importante del 'team bancario relazionale'. I bisogni di molti clienti non possono essere gestiti da macchine—in particolare quelli dei piccoli imprenditori. I cassieri che costruiscono una relazione personale con questi clienti possono essere di grande aiuto nel vendere loro

---

33 "the survey was less supportive of the view of some economists that structural change—globalisation and technological innovation in particular—is destroying jobs in Europe. According to the survey, the number of firms that are taking on more employees as a result of new technology is exactly the same as the number that are reducing their workforce for the same reason. And the number of firms that are expanding their workforce as they bring production in-house almost matches the number reducing their workforce as a result of outsourcing. There may be a lot of churn, but the net result is less than clear." (Dolphin, 2015, p. 15)

34 "a failure to take account of the diverse nature of organisational change within companies and the complex nature of take-up processes for innovations is one of the main flaws [of the study, which] fell into all of the traps laid by the Solow paradox."

servizi e prodotti finanziari con margini elevati. Le competenze dei cassieri sono cambiate: le operazioni in contanti sono diventate meno importanti e l'interazione umana più importante.”<sup>35</sup>

In un suo recente contributo Autor (2015), richiamando i suoi lavori precedenti—che operavano una distinzione tra mansioni e occupazioni—così come lo studio di Bessen a cui si è fatto cenno in precedenza, sottolinea che ci sono molte dinamiche che devono essere prese in considerazione nel valutare gli effetti dell'innovazione tecnologica sull'occupazione, persino alla luce delle nuove opportunità tecnologiche. Secondo Autor, ci sono tre fattori che influenzano l'impatto del cambiamento tecnologico sull'occupazione. “In primo luogo, è più probabile che i lavoratori traggano direttamente beneficio dall'automazione se questa è complementare alle loro mansioni, ma non se questa li sostituisce. Un lavoratore edile che è esperto con la pala ma non sa guidare un escavatore subirà in generale un calo del salario con l'avanzamento dell'automazione. Allo stesso modo, un operatore bancario che sa contare le banconote ma non fornire *'relationship banking'* difficilmente potrà passarsela bene in una banca moderna. In secondo luogo, l'elasticità dell'offerta di lavoro può mitigare gli aumenti salariali. Se le mansioni complementari che i lavoratori edili o gli operatori bancari in grado di fornire sono abbondantemente disponibili nel resto del sistema economico, allora è plausibile che un flusso di nuovi lavoratori moderi qualsiasi aumento salariale derivante dalla complementarità tra automazione e input di lavoro umano. [...] In terzo luogo, l'elasticità della domanda all'output combinata alla sua elasticità al reddito può smorzare oppure amplificare i guadagni derivanti dall'automazione. Nel caso dei prodotti agricoli nel lungo periodo, gli spettacolari aumenti di produttività sono stati accompagnati dal declino nella proporzione del reddito delle famiglie speso in cibo. In altri casi, come quello della sanità, i miglioramenti tecnologici hanno condotto all'aumento della porzione di reddito speso.”<sup>36</sup>

---

35 “as banks pushed to increase their market shares, tellers became an important part of the ‘relationship banking team’. Many bank customers’ needs cannot be handled by machines—particularly small business customers. Tellers who form a personal relationship with these customers can help sell them on high-margin financial services and products. The skills of the teller changed: cash handling became less important and human interaction more important.”

36 “First, workers are more likely to benefit directly from automation if they supply tasks that are complemented by automation,

Altri contributi recenti (Graetz e Michaels, 2015; Acemoglu e Restrepo, 2017) si sono concentrati specificamente sugli effetti dell'utilizzo dei robot industriali. Graetz e Michaels (2015) hanno concluso che nonostante le onnipresenti discussioni circa il potenziale impatto dei robot, non esiste praticamente alcuna evidenza empirica sistematica sul loro effetto economico. Utilizzando dati su un panel di industrie in 17 paesi per il periodo 1993-2007, gli autori concludono che i robot industriali hanno aumentato la produttività del lavoro, la *total factor productivity*, il valore aggiunto e i salari. In relazione all'occupazione, i robot non hanno avuto alcun effetto significativo sulle ore totali lavorate, ma secondo gli autori esiste qualche evidenza che abbiano ridotto le ore lavorate dai lavoratori a media e bassa specializzazione. Il lavoro di Acemoglu e Restrepo (2017) raggiunge conclusioni simili, stimando l'impatto dell'adozione di robot da parte dell'industria americana. Gli autori concludono che c'è un impatto negativo significativo su occupazione e salari e che la fascia più colpita è quella degli uomini a bassa specializzazione e dei lavori manuali di routine, ma che l'impatto aggregato dei robot industriali rimane piccolo: dal 1993 al 2007, l'industria USA ha installato un robot aggiuntivo ogni mille lavoratori, e i robot spiegano 0.65 punti percentuali del declino nell'occupazione. Tuttavia, secondo le loro stime, il futuro appare più problematico, dal momento che ci si attende che l'industria americana aggiunga 2.5 nuovi robot ogni mille

---

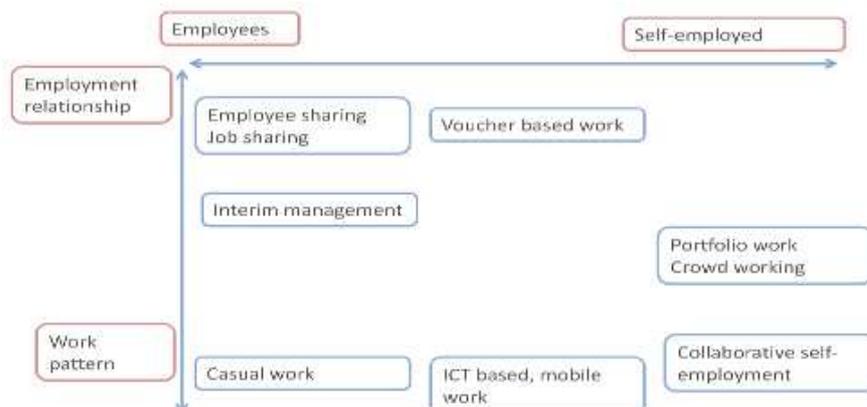
but not if they primarily (or exclusively) supply tasks that are substituted. A construction worker who is expert with a shovel but cannot drive an excavator will generally experience falling wages as automation advances. Similarly, a bank teller who can tally currency but cannot provide 'relativistico bangì' is un'élite in a modern bank. Second, the elasticity of labour supply can mitigate wage gains. If the complementary tasks that construction workers or relationship bankers supply are abundantly available elsewhere in the economy, then it is plausible that a flood of new workers will temper any wage gains that would emanate from complementarities between automation and human labor input. [...] Third, the output elasticity of demand combined with income elasticity of demand can either dampen or amplify the gains from automation. In the case of agricultural products over the long run, spectacular productivity improvements have been accompanied by declines in the share of household income spent on food. In other cases, such as the health care sector, improvements in technology have led to ever-larger shares of income being spent on health." (Autor, 2015, p. 7)

lavoratori, causando una riduzione dell'occupazione di 1.75 punti percentuali e dei salari di 4 punti percentuali.

### 3.2.2 Nuove sfide per il mercato del lavoro digitalizzato

Il dibattito circa gli effetti occupazionali della digitalizzazione non è confinato all'impatto sul numero di posti di lavoro e sulle competenze, ma esiste un nuovo filone di letteratura che sta esplorando le nuove forme di occupazione. Come vedremo più avanti in questo paragrafo, alcune di queste nuove forme di occupazione sono già emerse qualche anno fa, ma l'utilizzo delle tecnologie digitali ha contribuito ad espanderle. Altre forme di occupazione invece sono veramente nuove, come nel caso del lavoro per mezzo di piattaforme online, e stanno attirando l'interesse dei ricercatori, soprattutto in relazione allo sviluppo di un nuovo quadro normativo che possa regolarle. Secondo Eurofound (2015), ci sono nove nuove forme di lavoro che possono essere rappresentate nel diagramma cartesiano della Figura 1. L'asse orizzontale riguarda la natura delle relazioni tra lavoratore e datore di lavoro, o tra cliente e lavoratore; l'asse verticale invece descrive il modo in cui il lavoro viene svolto.

Figura 1: Nuove forme di lavoro



Fonte: Eurofound (2015 )

Iniziando con le forme di lavoro situate nella parte in alto a sinistra del diagramma, troviamo *employee sharing* e *job sharing*. Se nel primo caso il lavoratore è assunto congiuntamente da un gruppo di datori di lavoro e lavora per diverse compagnie, nel secondo caso un singolo datore di lavoro assume più di un lavoratore per svolgere una singola

mansione. Muovendoci verso il basso troviamo il cosiddetto ‘*interim management*’, che avviene quando un esperto ad elevata specializzazione è assunto temporaneamente per uno specifico progetto. In basso a sinistra, il *casual work* è ancora più flessibile, essendo basato su un contratto secondo cui i lavoratori sono chiamati solo quando ce n’è bisogno, senza quindi uno schema di lavoro regolare. In alto al centro c’è il lavoro basato sui *voucher*, dove il datore di lavoro paga il lavoratore attraverso un voucher emesso da una organizzazione terza, come un ente governativo, che copre il pagamento dei contributi sociali. Nel caso di lavoro *ICT-based e mobile*, i lavoratori non hanno un luogo fisso per svolgere le loro attività, ma possono lavorare ovunque sia disponibile una connessione. Il *crowd working* è probabilmente la forma di lavoro più recente: attraverso una piattaforma online, i datori di lavoro distribuiscono ‘mini mansioni’ ad una serie di lavoratori. Per ‘*portfolio work*’ si intende un lavoratore autonomo che svolge piccole mansioni per diversi clienti. Infine, si ha *collaborative self-employment* quando un certo numero di lavoratori autonomi lavorano insieme allo stesso progetto.

Come anticipato in precedenza, tra le diverse nuove forme di lavoro quella veramente nuova è il *crowd working*, che apre una discussione sulla necessità di un quadro normativo adeguato. Il *crowd working*, insieme al lavoro on-demand attraverso delle *app* dedicate, va sotto l’etichetta di ‘*gig-economy*’ (De Stefano, 2016; Smith e Leberstein, 2015; Sundarajan, 2016). Come detto prima, i datori di lavoro suddividono il lavoro da svolgere in numerose mini mansioni che sono quindi distribuite tra un gran numero di lavoratori situati in diverse parti del mondo. Nel caso del *crowd working*, le mansioni sono spesso legate a lavoro informatico di base, come traduzioni, manipolazioni di immagini, analisi di dati, ecc. Al contrario, nel caso del lavoro on-demand attraverso *app* dedicate, le mansioni sono più tradizionali, come pulizie e trasporto, e i lavoratori sono chiamati all’occorrenza attraverso delle applicazioni mobili. Anche se queste tipologie di lavoro sono radicalmente diverse tra loro—non solo perché il *crowd working* richiede un maggior numero di abilità e conoscenze cognitive mentre i lavori on demand sono più manuali, ma anche perché nel primo caso il mercato del lavoro è globale, mentre nel secondo è prevalentemente locale—hanno in comune il fatto che non sono considerate come forme di lavoro in senso stretto e sono pertanto al di fuori del campo di applicazione della legislazione del lavoro.

Anche se il *crowd working* si è sviluppato negli ultimi anni, si sa relativamente poco del fenomeno. Secondo le conclusioni di

un'indagine svolta dall'ILO (Berg, 2016) tra i crowd workers di *Amazon Mechanical Turk* e *Crowdfunder*, i lavoratori hanno generalmente un buon livello di istruzione, e circa la metà svolgono questo tipo di lavoro per periodi relativamente lunghi, come un anno—alcuni di loro anche tre anni. Per quanto riguarda le ragioni del crowd working, le risposte differiscono a seconda che gli intervistati si trovino in paesi avanzati o in via di sviluppo. Mentre i lavoratori dei paesi avanzati lo fanno fondamentalmente per arrotondare il salario derivante da occupazioni tradizionali, quelli dei paesi in via di sviluppo hanno riposto di preferire, o addirittura di potere, lavorare solo da casa.

Entrambi gli studi delle caratteristiche del lavoro non tradizionale (*non standard employment, NSE*) in generale, e sui lavoratori della gig-economy in particolare, sono attualmente ancora in corso, e hanno lo scopo prevalente di comprendere il fenomeno e produrre un quadro normativo adeguato (ILO, 2016; De Stefano, 2016; Cherry e Aloisi, 2016; Rogers, 2016).

#### **4 Conclusioni e spunti per ulteriori ricerche**

Il presente lavoro si è posto l'obiettivo di fornire una rassegna della letteratura più rilevante sull'impatto occupazionale della digitalizzazione. Il tema sta attirando un interesse crescente, in particolare a causa dell'ansia generata dall'idea che le tecnologie digitali possano cancellare un gran numero di posti di lavoro. Come illustrato nelle pagine precedenti, questo timore è presente fin dal XIX secolo, soprattutto nelle fasi storiche in cui le macchine hanno mostrato la capacità di sostituire il lavoro umano, almeno in alcune occupazioni e per alcune mansioni.

Per questa ragione riteniamo che sia importante richiamare le conclusioni di questa vastissima letteratura empirica, dal momento che la fase di progresso tecnologico che stiamo vivendo presenta alcuni aspetti radicalmente nuovi che avranno degli impatti occupazionali, ma che molti fenomeni presentano tratti tendenziali comuni a quelli vissuti in passato.

In particolare, molta attenzione è stata dedicata alle macchine intelligenti, e più nello specifico ai robot e alla loro (possibile) capacità di sostituire il lavoro umano. Questo progresso tecnologico è tipicamente innovazione di processo che, come abbiamo visto in precedenza, se studiato al livello micro o meso mostra di avere effetti negativi diretti sull'occupazione. Tuttavia, gli studi macroeconomici, anche se parzialmente deboli a causa della scarsa disponibilità dei dati e alla complessità dei modelli, hanno mostrato che possono esserci

meccanismi di compensazione potenzialmente in grado di mitigare tali effetti. Inoltre, non c'è consenso tra i ricercatori circa le effettive possibilità future di sostituire completamente il lavoro umano con i robot, poiché esistono alcune abilità, come la flessibilità, il giudizio e il senso comune, o la capacità di comprendere l'utilizzo degli oggetti, che per il momento si dimostrano essere prerogative esclusivamente umane. Se fino ad ora i robot hanno ricevuto moltissima attenzione, l'impatto occupazionale di altre innovazioni tecnologiche, come la stampa 3D, l'IoT, la realtà aumentata, e i big data, non è ancora stato studiato.

Queste nuove tecnologie offrono opportunità non solo per l'innovazione di processo, ma anche per significative innovazioni di prodotto; queste ultime, secondo molti studi, hanno effetti occupazionali positivi.

Anche parlando degli effetti del cambiamento tecnologico sulle competenze, nonostante una grande mole di studi riguardanti il cosiddetto *skill-biased-technical-change* abbia illustrato la relazione tra la polarizzazione di mercato del lavoro e salari e l'innovazione tecnologica, al momento stanno emergendo tendenze diverse, che richiederebbero di essere studiate in futuro. Come sottolineato da Acemoglu, a differenza di quanto è accaduto negli ultimi quarant'anni, "l'esperienza del XIX e dell'inizio del XX secolo ha portato [...] a concludere che il cambiamento tecnico fosse *'deskilling'*—uno degli scopi principali del cambiamento tecnologico era quello di espandere la divisione del lavoro e semplificare mansioni precedentemente svolte da artigiani, frammentandole in pezzi più piccoli e che richiedessero meno specializzazione."<sup>37</sup> Se consideriamo alcune delle (poche) caratteristiche note del *crowdworking*, una rilevante nuova forma di lavoro resa possibile dalla digitalizzazione, queste sembrano più in linea con le caratteristiche del XIX secolo che con quelle dell'ultimo XX secolo. Ciò potrebbe causare, almeno in questo senso, una significativa inversione della domanda di competenze.

Infine, il presente lavoro ha voluto anche illustrare che numerosi contributi in letteratura suggeriscono che le tecnologie digitali potranno condurre ad un'economia digitale caratterizzata da modelli di business radicalmente nuovi. Anche se la ricerca in questo campo deve

---

37 "the experience of the nineteenth and early twentieth century led [...] to argue that technical change was *'deskilling'*—a major purpose of technical change was to expand the division of labour and simplify tasks previously performed by artisans by breaking them into smaller, less skill-requiring pieces."

affrontare un livello di complessità persino maggiore a quella affrontata dai ricercatori che hanno studiato la relazione tra innovazione e occupazione al livello macroeconomico, riteniamo che i significativi cambiamenti che saranno resi possibili dalla digitalizzazione meritino di essere presi in considerazione nello studio degli impatti occupazionali.

## **Riferimenti bibliografici**

Acemoglu, D. (2002). Technical change, inequality and the labor market. *Journal of Economic Literature*, 40(1):7–72.

Acemoglu, D., Autor, D. (2011). Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. In *Handbook of Labor economics*, Vol. 4B, 1043–1171.

Acemoglu, D., Restrepo, P. (2017). Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. NBER Working Paper, 23285, March.

Andreopoulos, A., Tsotsos, J. (2013). 50 Years of Object Recognition: Directions Forward. *Computer Vision and Image Understanding*, 117(8):827–91.

Antonioli, D., Bianchi, A., Mazzanti, M., Montresor, S., Pini, P. (2011). Strategie di innovazione e risultati economici. Un'indagine sulle imprese manifatturiere dell'Emilia-Romagna. Franco Angeli.

Autor, D. (2015). Why are there still so many jobs? The History and Future of Workplace Automation. *Journal of Economic perspectives*, 29(3):3–30.

Beaudry, P., Green, D., Sand, B. (2016). The Great Reversal in the Demand for Skill and Cognitive Tasks. *Journal of Labor Economics*, 34(S1):S199–S247.

Berg, J. (2016). Income security in the on-demand economy: Findings and policy lessons from a survey of crowdworkers. *Comparative Labour Law and Policy Journal*, 37(3):543–576.

Berman, E., Bound, J., Machin, S. (1998). Implications of Skill-Biased Technological Change: International Evidence. *Quarterly Journal of Economics*, 113(4):1245–1279.

Bessen, J. (2015). Toil and Technology. *Finance & Development*, 52(1).

Bowles, J. (2014). The computerisation of European jobs. Bruegel Center, 17 July.

Boyer, R. (1988). Technical change and the Theory of Regulation. In G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, L. Soete (Curatori), *Technical Change and Economic Theory*. Pinter, London.

Bresnahan, T., Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies: 'Engines of Growth?'. *Journal of Econometrics*, 65:83–108.

Brynjolfsson, E., McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. WW Norton & Co.

Caroli, E., Van Reenen, J. (2001). Skill biased organizational change? Evidence from a panel of British and French establishments. *Quarterly Journal of Economics*, 116:1449–1492.

Castells, M. (1996). *The rise of the network society*. Blackwell Publishers, Malden, Mass.

Castells, M. (2010). *The rise of the network society*. Wiley-Blackwell, Chichester.

Chennells, L., Van Reenen, J. (1999). Has Technology Hurt Less Skilled Workers? An Econometric Survey of the Effects of Technical Change on the Structure of Pay and Jobs. London: Institute for Fiscal Studies working paper, 27.

Cherry, M., Aloisi, A. (2016). 'Dependent Contractors' in the Gig Economy: A Comparative Approach. Saint Louis University Legal Studies Research Paper, available at: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2847869](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2847869).

De Stefano, V. (2016). The rise of the 'just-in-time workforce': On-demand work, crowdwork and labour protection in the 'gig-economy'. *ILO Conditions of Work and Employment Series Working*, 71.

Degryse, C. (2016). Digitalisation of the economy and its impacts on labour markets. ETUI Working Paper, 2016.02.

Dolphin, T. (Curatore) (2015). Technology, globalisation and the future of work in Europe: Essays on employment in a digitised economy. IPPR, <http://www.ippr.org/publications/technology-globalisation-and-the-future-of-work-in-europe>.

Doms, M., Dunne, T., Troske, K. (1997). Workers, wages and technology. *Quarterly Journal of Economics*, 112:253–289.

Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, 11(3):147–162.

Eurofound (2015). *New forms of employment*. Publication Office of the European Union, Luxembourg

Freeman, C., Soete, L. (1994). *Work for All or Mass Unemployment? Computerised Technical Change into the 21st Century*. Pinter, London.

- Frey, C., Osborne, M. (2013). The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? Oxford Martin School Working paper.
- Garbellini N., Wirkierman (2014), On the long-lasting consequences of the Pasinetti Solow debate on productivity measurement, XI Storep Conference, June 2014.
- Graetz, G., Michaels, G. (2015). Robots at work. CEP Discussion Paper, 1335(March).
- Greenan, N. (2003). Organisational change, technology, employment and skills: An empirical study of French manufacturing. *Cambridge Journal of Economics*, 27(2):287–316.
- Greenwood, J., Yorukoglu, M. (1997). 1974. Carnegie-Rochester conference series on public policy, 46:North-Holland.
- Hall, B. (2003). Innovation and diffusion. NBER Working paper series, 10212.
- Helpman, E. (Curatore) (1998). *General Purpose Technologies and Economic Growth*. MIT Press, Cambridge, Mass.
- Howell, D. (1996). Information technology, skill mismatch and the wage collapse: a perspective on the US experience. In *Employment and growth in the knowledge-based economy*. OECD, Paris.
- ILO (2016). *Non-standard employment around the world. Understanding challenges, shaping prospects*. ILO, Geneva.
- IPTS-EPSO (2001). *Impact of Technological and Structural Change on Employment. Prospective Analysis 2020, Synthesis Report and Analytical Report*. European Commission Joint Research Centre, Seville.
- Krueger, A. (1993). How Computers Have Changed the Wage Structure: Evidence from Microdata, 1984-1989. *Quarterly Journal of Economics*, 108(1):33–60.
- Leontief, W., Duchin, F. (1986). *The Future Impact of Automation on Workers*. Oxford University Press, Oxford.
- Levy, F., Murnane, R. (2004). *The new division of Labor: How computers are creating the Next Job Market*. Princeton University Press.
- Meyer-Kramer, F. (1992). The effects of new technologies on employment. *Economics of Innovation and New Technology*, 2:131–49.
- Moravec, H. (1988). *Mind children: The future of Robot and Human Intelligence*. Harvard University Press, Cambridge, Mass.

- Panzieri R. (1961), *Sull'uso capitalistic delle machine nel neocapitalismo*, Quaderni Rossi n.1.
- Pasinetti, L. (1981), *Structural Change and Economic Growth*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Perez, C. (1983). Structural change and the assimilation of new technologies in the economic and social system. *Futures*, 15(5):357–375.
- Petit, P. (1995). Employment and Technological Change. In P. Stoneman (Curatore), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, 366–408. North Holland, Amsterdam.
- Pianta, M. (2005). Innovation and Employment. In J. Fagerberg, D. Mowery, R. Nelson (Curatori), *The Oxford Hand book of Innovation*, 568–598. Oxford University Press, Oxford.
- Pinker, S. (2007). *The language instinct*. Harper Perennial Modern Classics, New York.
- Piva, M., Vivarelli, M. (2002). The skill bias: comparative evidence and an econometric test. *International Review of Applied Economics*, 16(3):347–358.
- Polanyi, M. (1966). *The Tacit Dimension*. University of Chicago Press.
- Ricardo, D. (1951). *Principles of Political Economy and Taxation*. In P. Sraffa (Curatore), *The works and correspondence of David Ricardo*, Vol. 1. Cambridge University Press, Cambridge.
- Rifkin, J. (2014). *The zero marginal cost society, The internet of things, the collaborative commons, and the eclipse of capitalism*. Palgrave MacMillan, Basingstoke.
- Rochet, J., Tirole, J. (2006). Two-sided markets: a progress report. *The RAND Journal of Economics*, 37(3):645–667.
- Rochet, V., Volle, M. (Curatori) (2015). *L'intelligence iconomique: l'iconomie et les nouveaux modèles d'affaires de la III révolution industrielle*. De Boeck Université, Louvain.
- Rogers, B. (2016). *Redefining Employment for the Modern Economy*. American Constitution Society for Law and Policy Issue Brief, October 2016, available at: [https://www.acslaw.org/sites/default/files/Redefining\\_Employment\\_for\\_the\\_Modern\\_Economy.pdf](https://www.acslaw.org/sites/default/files/Redefining_Employment_for_the_Modern_Economy.pdf).
- Rosenberg, N. (1994). *Exploring the black box. Technology, economics, and history*. Cambridge University Press, Cambridge.

- Royakkers, L., van Est, R. (2016). *Just ordinary Robots, Automation form War to Love*. Taylor and Francis Group.
- Schumpeter, J. (1939). *Business Cycles*. McGraw-Hill, New York.
- Simonetti, R., Taylor, K., Vivarelli, M. (2000). Modelling the Employment Impact of Innovation: Do Compensation Mechanisms Work? In M. Vivarelli, M. Pianta (Curatori), *The Employment impact of Innovation*. Routledge, London.
- Smith, R., Leberstein, S. (2015). *Rights on Demand: Ensuring Workplace Standards and Worker Security In the On-Demand Economy*. National Employment Law Project, New York.
- Solow, R. (1987). We'd better watch out. *The New York Times Book review*, 12th July.
- Spiezia, V., Vivarelli, M. (2002). Innovation and Employment: A Critical Survey. 101–31.
- Sundarajan, A. (2016). *The Sharing Economy. The End of Employment and the Rise of Crowd-Based Capitalism*. MIT Press, Cambridge, MT.
- Tinbergen, J. (1974). Substitution of graduate by other labor. *Kyklos*, 27:217–226.
- Tinbergen, J. (1975). *Income Difference: Recent Research*. North-Holland Publishing Company, Amsterdam.
- Valenduc, G., Vendramin, P. (2016). *Work in the digital economy: sorting the old from the new*. ETUI Working Paper, 2016.03.
- Vivarelli, M. (1994). *Technology and Employment: The Economic Theory and the Empirical Evidence*. London.
- Vivarelli, M. (1995). *The economics of Technology and Employment: Theory and Empirical Evidence*. Elgar, Aldreshot.
- Wauthy, X. (2008). Concurrence et régulation sur les marchés de plateforme: une introduction. *Reflète et Perspectives de la Vie Economique*, XLVII(1):39–54.
- Whitley, J., Wilson, R. (1982). Quantifying the Employment Effects of Micro-electronics. *Futures*, 14:486–495.
- World Economic Forum (2016). *The future of jobs—Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*.