

LUISS



Dipartimento di Impresa e Management

Cattedra di Macroeconomia e Politica Economica

Automazione e skills, effetti sul mercato del lavoro e disoccupazione giovanile: un'analisi empirica.

Prof. Giovanna Vallanti
RELATORE

Elena Cannone matr. 225691
CANDIDATO

Anno Accademico 2019/2020

SOMMARIO

INTRODUZIONE	4
1 INVESTIMENTI IN ICT E LA DISOCCUPAZIONE GIOVANILE	6
1.1 PROGRESSO TECNOLOGICO, INVESTIMENTI ICT E AUTOMAZIONE	6
1.1.1 Chi sono i lavoratori più a rischio?	8
1.2 LA DISOCCUPAZIONE GIOVANILE E L'IMPATTO DELL'ISTRUZIONE	11
1.3 LE "SKILL" NEL MERCATO DEL LAVORO E IL CAMBIAMENTO DOVUTO ALL'AUTOMAZIONE	14
2 INVESTIMENTI ICT E EFFETTI SUL MERCATO DEL LAVORO, UN APPROCCIO TEORICO	19
2.1 RIVOLUZIONI TECNOLOGICHE E MERCATO DEL LAVORO: EXCURSUS STORICO	19
2.2 INNOVAZIONE E LAVORO: REVISIONE DELLA LETTERATURA	20
2.3 INNOVAZIONE E LAVORO: ANALISI EMPIRICHE	24
2.4 INNOVAZIONE E SKILLS	27
3 ANALISI EMPIRICA	30
3.1 DESCRIZIONE DEI DATI	30
3.1.1 Variabili dipendenti	30
3.1.2 Variabili indipendenti	31
3.2 IL MODELLO EMPIRICO	34
3.3 ANALISI DI REGRESSIONE E RISULTATI	35
CONCLUSIONI	39
BIBLIOGRAFIA	41

INDICE DELLE FIGURE E DELLE TABELLE

Figure

Figura 1 - La velocità di diffusione di ICT (ICT capital services per hour worked, index, from 1995 to 2007). -----	7
Figura 2 - Probabilità media di automazione per occupazione -----	9
Figura 3 - Probabilità media di automazione per attività lavorativa -----	10
Figura 4 - Tasso di disoccupazione giovanile medio nei paesi OCSE, in percentuale della forza lavoro compresa tra i 15 e il 24 anni (dal 2005 al 2020).-----	13
Figura 5 - Uso medio delle “information processing skills” sul posto di lavoro-----	16
Figura 6 - Cambiamenti nelle quote di occupazione passate a future per settore, 2005-2025 -----	18
Figura 7 - Effetti del cambiamento tecnologico -----	21
Figura 8 – Percentuale di lavoratori ad alto rischio di automazione per livello di istruzione -----	29
Figura 9 - Investimenti in ICT in percentuale di GFCF (2000-2015) -----	32

Tabelle

Tabella 1- Livello skills medio per paese -----	34
Tabella 2- Risultati regressione tasso di disoccupazione e skills -----	36
Tabella 3- Risultati regressione tasso di disoccupazione giovanile e skills -----	37

Introduzione

L'avanzata del progresso tecnologico delinea uno scenario futuro fortemente collegato all'utilizzo della robotica e dell'intelligenza artificiale. Tra le innovazioni in grado di condizionare il domani ricordiamo i prototipi per implementare la destrezza dei robot e renderli in grado di riconoscere visivamente gli oggetti e svolgere i compiti in autonomia, i progressi della medicina sulla cura per il cancro, la creazione di carne in laboratorio per ridurre l'allevamento intensivo e l'inquinamento, la sanificazione degli ambienti adibiti ai servizi igienici senza le fogne per i paesi in via di sviluppo e molti altri. Deloitte nell'edizione del 2019 del "Technology, Media and Telecommunication predictions" stima che, a livello globale, nel 2020 si avrà un fatturato per i robot industriali del +9% rispetto al 2019. L'espansione della robotica sarà accompagnata dalla crescita dell'intelligenza artificiale, per la quale si prevede che più di 750 milioni di chip AI saranno venduti nel 2020, circa il doppio rispetto al 2017, con un ricavo pari a 2,6 miliardi di dollari. Ancora, più di 100 aziende in tutto il mondo inizieranno a implementare la nuova tecnologia 5G e verso la fine della decade il valore di queste apparecchiature e dei servizi mobili di cellulare da utilizzare nelle reti private sarà pari a decine di miliardi di dollari l'anno. Le interrelazioni tra progresso tecnologico e lavoro risultano fondamentali in questo contesto dinamico in cui si dovranno ripensare i trattamenti, non solo a livello giuridico, dei rapporti di lavoro. Il dibattito accademico si concentra, come nei secoli passati, sul problema della disoccupazione tecnologica e sugli effetti di capitalizzazione che hanno fino ad oggi spiegato il non avverarsi degli scenari in cui non ci sarebbe stato più lavoro. È fondamentale che i governi capiscano la portata del fenomeno di evoluzione e propongano dei piani a lungo termine per porre in essere politiche di sviluppo sostenibile e inclusivo. Lo scopo di questa tesi è di concentrarsi sul futuro ed è per questo motivo che la *research question* riguarda in primo luogo i giovani, cioè coloro che formeranno la forza lavoro e che dovranno confrontarsi con un avvenire incerto. A partire dalle teorie presenti nella letteratura economica si vuole indagare il rapporto che vi è tra innovazione e lavoro sulla base della composizione della forza lavoro in termini di skills, in quanto la creazione di nuovi mestieri è perlopiù riferita a mansioni appannaggio di lavoratori altamente specializzati. Con questa *research question* si vuole verificare se, con un livello più alto di skills da parte della forza lavoro, in futuro ci si aspetta un assorbimento migliore delle nuove tecnologie e una riduzione del rischio di disoccupazione tecnologica. Sulla base dei risultati è possibile valutare se il sistema scolastico nell'ultimo ventennio ha fornito agli studenti le conoscenze necessarie per essere pronti alla partecipazione al mercato del lavoro, o se è necessario fare di più in vista di un futuro nel quale l'innovazione tecnologica aumenterà a ritmo esponenziale.

Per queste ragioni nel primo capitolo si cerca di fornire un quadro generale del contesto nel quale si vuole sviluppare l'analisi empirica. Nel secondo capitolo vengono discusse le principali teorie

sviluppate in letteratura sulla relazione tra innovazione e lavoro, e la conseguente evoluzione della domanda di skills. Nel terzo e ultimo capitolo viene presentato un modello di regressione lineare il cui scopo è di valutare che impatto ha il progresso tecnologico sulle variabili del mercato del lavoro, in particolare sulla disoccupazione e sul tasso di disoccupazione giovanile, se la popolazione possiede un determinato livello di skills. Come misura del livello di innovazione è stato scelto l'indice di investimenti ICT in percentuale degli investimenti; per quantificare le skills della popolazione sono stati utilizzati sette diversi indicatori estratti dal database presente sul sito dell'OCSE. Gli indicatori utilizzati si riferiscono a 21 dei 32 paesi appartenenti all'OCSE, in un arco temporale che va dal 1995 al 2015. Le regressioni sono state effettuate con il supporto del software Stata. I risultati ottenuti evidenziano che l'innovazione tecnologica ha una correlazione positiva con il tasso di disoccupazione, e quindi l'effetto finale sul mercato del lavoro è negativo. Tuttavia, tale effetto può, in parte, essere compensato da un alto livello di competenze della forza lavoro, in linea con quanto previsto dalla *research question*.

Capitolo I

1 Investimenti in ICT e la disoccupazione giovanile

1.1 Progresso tecnologico, investimenti ICT e automazione

L'impulso tecnologico che ha iniziato la trasformazione dei servizi è stato l'informatizzazione, o quella che è stata chiamata la tecnologia dell'informazione e della comunicazione (ICT). Questa rivoluzione ICT ha avuto due effetti molto diversi sul mondo del lavoro. In primo luogo, è stato necessario "abbandonare" la produzione consentendo ai robot svolgere compiti che in precedenza solo le mani umane potevano fare, e allo stesso tempo ha consentito agli impiegati di controllare ed elaborare una quantità di informazioni inimmaginabile in precedenza (Baldwin, 2019). A partire dalle scorse tre decadi, l'avanzata del progresso tecnologico e la sua velocità di diffusione a livello globale sono stati impressionanti. Basti pensare al telefono: se precedentemente per la diffusione del telefono fisso nel 90% delle case statunitensi ci sono voluti 70 anni, ne sono bastati solo 8 per gli smartphones (OECD 2019).

Per avere un'idea della velocità con cui le nuove tecnologie influenzano e si diffondono nel mondo del lavoro si può far riferimento alla crescita degli investimenti in ICT ("Innovation and Communication Technologies"). I dati dell'OCSE rilevano che tra il 1995 e il 2007 il livello di servizi ICT per ogni ora di lavoro è più che raddoppiato in ogni paese, ovviamente con delle differenze nel ritmo di adozione delle innovazioni tecnologiche in ogni Nazione. Se, per esempio, l'aumento è stato del 150% in Giappone, in Germania si registra un incremento nell'utilizzo di tecnologie ICT del 350%.

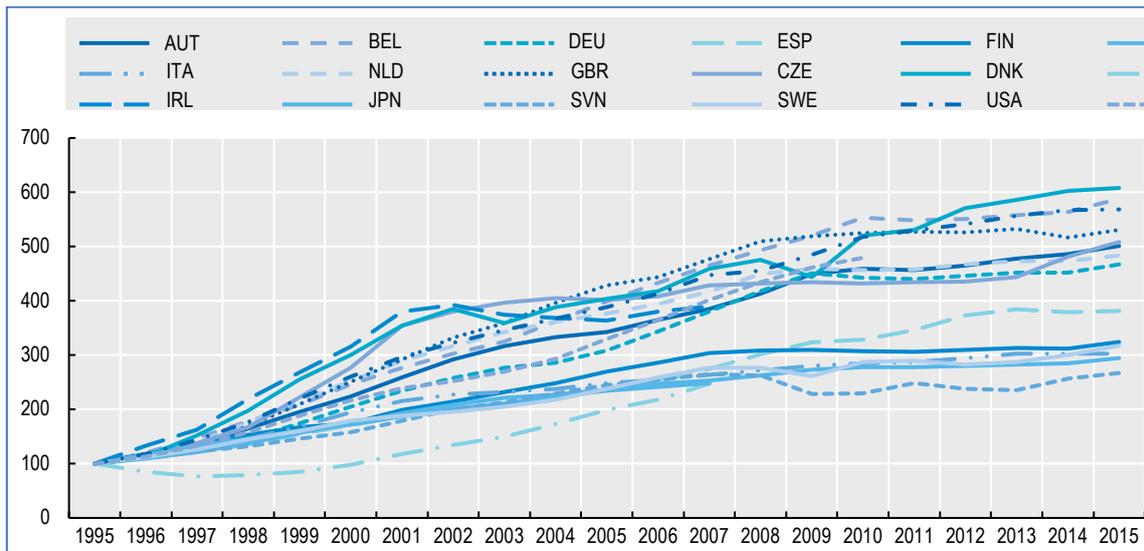


Figura 1 - La velocità di diffusione di ICT (ICT capital services per hour worked, index, from 1995 to 2007).

Fonte: EU KLEMS growth and productivity accounts, World KLEMS.

Altrettanto veloce e significativa è la diffusione di robot industriali e la conseguente automazione del lavoro.

Questi trend, inevitabilmente, pongono delle questioni su come sarà il mondo del lavoro nel futuro. I progressi nel campo dell'intelligenza artificiale fanno sì che queste macchine possano svolgere sempre più compiti, accelerando così la sostituzione del lavoro con il capitale, sia incrementando la produttività sia riducendo la domanda di lavoratori da impiegare nei processi produttivi. Inoltre, questa sostituzione potrebbe essere accelerata dall'invecchiamento demografico, un problema sempre più rilevante nelle economie avanzate. Tutto ciò sembra portare a un futuro con sempre meno lavoro. Oggigiorno si ha la percezione che il cambiamento tecnologico sia molto più rapido e ampio rispetto al passato. Alcuni autori sostengono che gli imprenditori tendono, perciò, a investire troppo nelle nuove tecnologie, dimenticandosi di aiutare i lavoratori ad adattarsi ai cambiamenti tecnologici attraverso programmi di training, creando così delle esternalità negative per la società in generale (Acemoglu e Restrepo, 2018). Alla luce di queste considerazioni si è cercato di prevedere quale sarà la percentuale dei compiti che saranno automatizzati.

Prima di analizzare i canali attraverso cui il progresso tecnologico influenza il mercato del lavoro, è necessario fare delle considerazioni di carattere generale.

In primo luogo, la diffusione delle nuove tecnologie dipende da una molteplicità di fattori. Evidenze empiriche dimostrano che il progredire della tecnologia non è eterogeneo in tutti i paesi, nei settori industriali e anche nelle singole imprese. Tra questi fattori possiamo includere le forze del mercato che determinano i prezzi relativi di capitale e lavoro, dalle quali deriva la profittabilità degli

investimenti in nuove tecnologie. Nei paesi in cui la manodopera costa meno, ad esempio, il processo di automazione risulta più lento (OECD, 2017). Anche le preferenze dei consumatori possono mediare la diffusione delle innovazioni. Un esempio è quello proposto dall'Eurobarometro: la maggior parte delle persone intervistate ha ritenuto che l'utilizzo di robot in alcune aree è auspicabile, come ad esempio nel settore manifatturiero, mentre in altre (i.e. sanità o educazione) è sconsigliato. Il progresso tecnologico, in sintesi, può migliorare la qualità del lavoro aumentando la produttività e gli utili, riducendo l'esposizione a compiti pericolosi, insalubri e noiosi, nonché garantendo a molti lavoratori una maggiore flessibilità, autonomia ed equilibrio tra vita professionale e vita privata. Allo stesso tempo, la maggiore instabilità del lavoro che spesso caratterizza nuove forme di lavoro non-standard può comportare una perdita di benessere per i lavoratori in assenza di politiche che ne garantiscano diritti e protezioni adeguate. L'incertezza sul futuro del lavoro dovrebbe spingere i policy makers a prepararsi ad affrontare diversi scenari, e implementare la resilienza del mercato del lavoro alle trasformazioni. Una delle modalità potrebbe essere quella di fornire ai lavoratori dei programmi di training specifici. Infatti, il 50% dei lavoratori adulti, secondo il censimento PIAAC dell'OCSE ("Survey on Adult Skills", 2016), è in possesso solo di competenze basilari per quanto riguarda i "computer task" o non ha alcuna competenza ICT.

1.1.1 Chi sono i lavoratori più a rischio?

La domanda fondamentale che occorre porsi per analizzare questa questione riguarda cosa i computer siano in grado di fare, o meglio, date le recenti innovazioni nel campo del Machine Learning, cosa non sono in grado di svolgere e quali skills sono unicamente umane. Alla base dei recenti studi vi è il concetto di "colli di bottiglia" ingegneristici, ossia quei compiti che possono essere interamente automatizzati secondo il parere di esperti dei vari settori.

Le figure 2 e 3 mostrano quali siano le probabilità medie di automazione per occupazione e attività industriale sulla base dei calcoli dell'OCSE. I gruppi che hanno la maggiore probabilità di essere automatizzati sono quelli che non richiedono delle skills specifiche o un particolare tipo di training: guidatori, operai nel settore manifatturiero, lavoratori agricoli, operai metalmeccanici ecc. All'altro lato della distribuzione troviamo coloro che sono occupati in mestieri che richiedono un alto livello sia di istruzione e training sia di interazioni sociali, creatività e empatia. Alcuni fra questi gruppi comprendono liberi professionisti, managers, operatori sanitari e medici (PIAAC 2011/12 e PIAAC 2014/15).

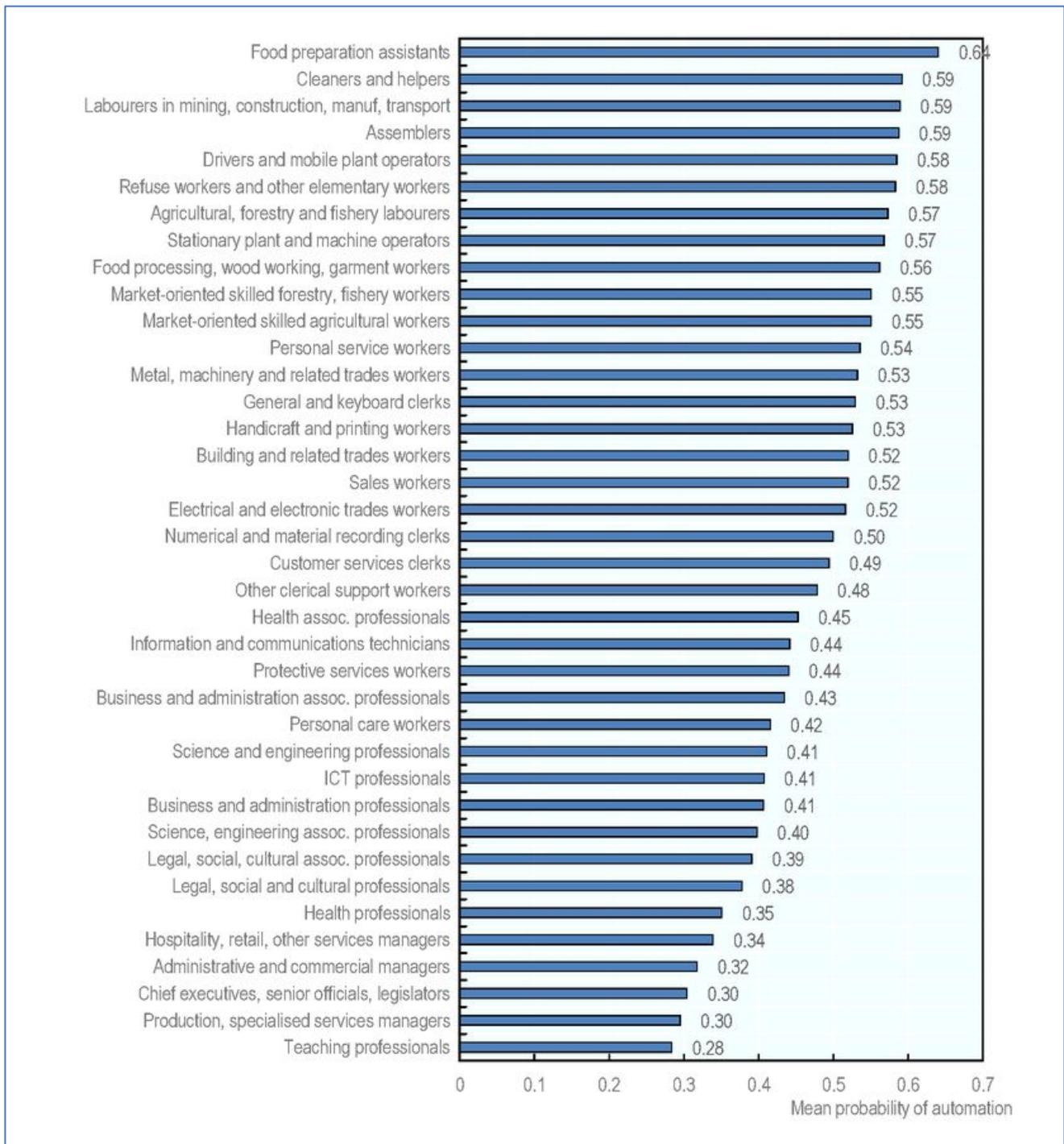


Figura 2 - Probabilità media di automazione per occupazione

Fonti: Survey of Adult Skills (PIAAC) 2012, 2015.

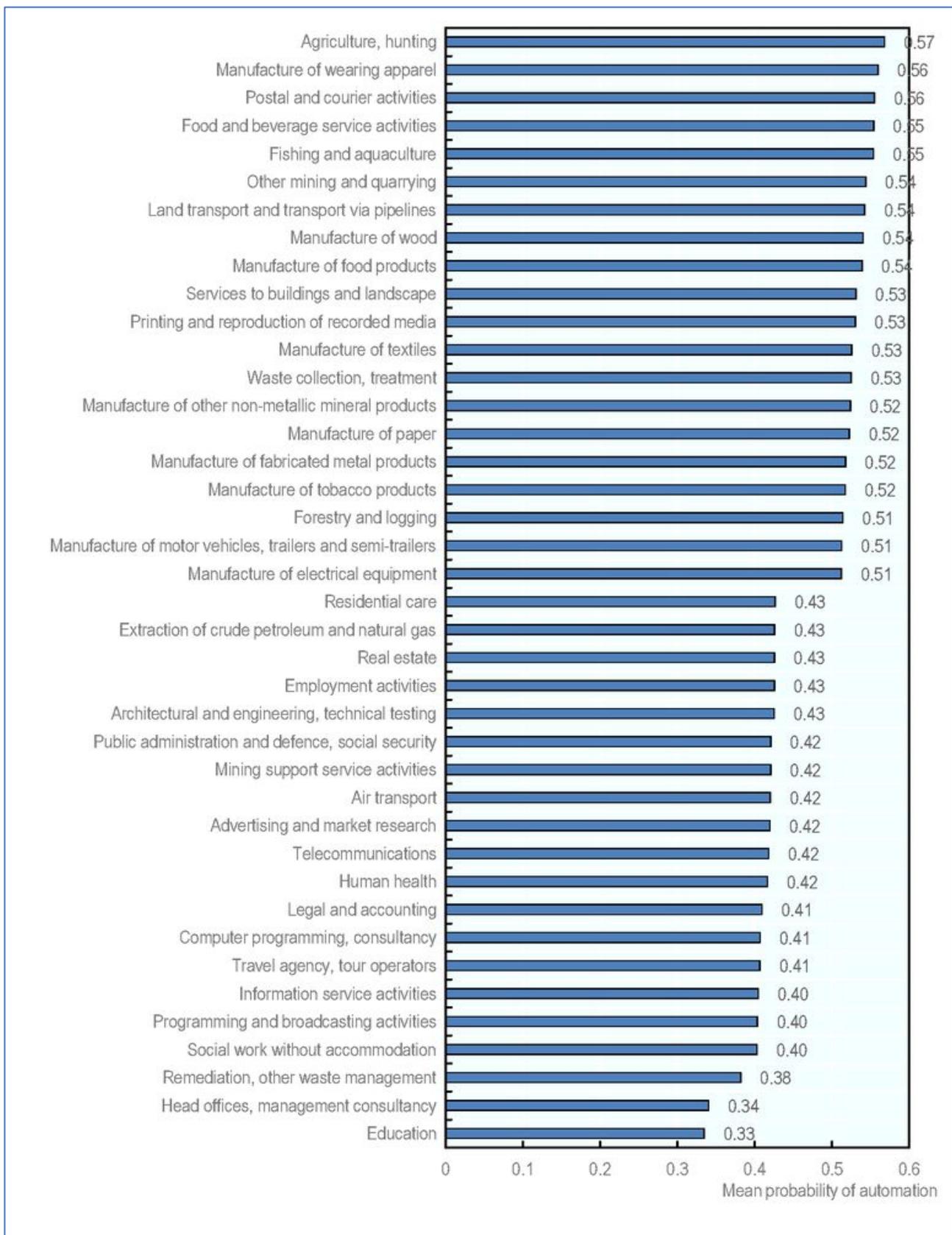


Figura 3 - Probabilità media di automazione per attività lavorativa

Fonti: Survey of Adult Skills (PIAAC) 2012,2015

Per comprendere meglio in che modo il capitale umano viene sostituito dalle macchine e quali categorie di lavoratori meritano maggiore attenzione da parte dei policy-makers è importante considerare le caratteristiche sociodemografiche e il livello di istruzione dei vari gruppi. Sulla base degli studi dell'OCSE possiamo evincere che il livello di istruzione ha una correlazione negativa e monotona con il rischio di automazione del lavoro e si può osservare lo stesso risultato anche mettendo in relazione il rischio di automazione con il livello di reddito. La correlazione tra età e grado di automatizzazione, invece, ha una forma a U, suggerendo che il rischio di automazione è al suo massimo all'inizio dell'età lavorativa. Questo andamento è determinato dalle scelte lavorative dei giovani: circa il 20% di coloro che hanno meno di 20 anni sono impiegati in professioni elementari (addetti delle pulizie, camerieri ecc.), mentre solo il 7% dei lavoratori più anziani lavora nei suddetti settori e, come messo in luce in precedenza, queste professioni sono quelle maggiormente esposte al rischio di sostituzione tecnologica. D'altra parte, sebbene i rischi di automatizzazione siano minori per i più anziani è più difficile riconvertirli professionalmente attraverso programmi di re-training. Infine, i dipendenti che hanno un contratto di apprendistato o sono assunti tramite agenzie di collocamento con contratti a tempo determinato sono soggetti a un maggiore rischio di automazione (Nedelkoska e Quintini, 2018).

1.2 La disoccupazione giovanile e l'impatto dell'istruzione

La definizione di disoccupato include persone senza lavoro, in cerca di lavoro e attualmente disponibili per lavorare, compresi coloro che hanno perso il lavoro o l'hanno lasciato volontariamente. Il tasso di disoccupazione giovanile è dato dal rapporto tra il numero di giovani in cerca di lavoro in percentuale della forza lavoro giovanile. Generalmente gli indicatori statistici utilizzati nel calcolo della disoccupazione giovanile si riferiscono a un range di persone con età compresa tra i 15 e i 24 anni. Gli ultimi dati disponibili evidenziano che il tasso medio OCSE di disoccupazione giovanile si attesta intorno all'11,1% della forza lavoro, quello mondiale è circa il 12,7% (figura 4).

La disoccupazione giovanile è un problema molto discusso dai policy-makers di diversi paesi, indipendentemente dal loro grado di sviluppo, dato che questo tasso è normalmente più alto del tasso di disoccupazione aggregato. Dal lato dell'offerta di lavoro, i giovani potrebbero volontariamente scegliere lavorare per brevi periodi di tempo mentre acquisiscono maggiori competenze e sono maggiormente portati a entrare e uscire dalla forza lavoro nel periodo di transizione tra la carriera scolastica e l'occupazione.

È altrettanto evidente che l'alto tasso di disoccupazione giovanile non può dipendere unicamente da fenomeni che interessano l'offerta di lavoro. Spesso il mercato del lavoro è discriminatorio nei confronti dei giovani: i datori di lavoro tendono a licenziare prima i lavoratori più giovani poiché ritengono che i loro costi di licenziamento siano minori di quelli dei lavoratori più anziani. Le norme che riguardano la protezione dei lavoratori, infatti, di solito richiedono un periodo minimo di occupazione per essere applicate, e le indennità per il licenziamento aumentano con l'aumentare degli anni di carriera (ILO, KILM- nona edizione, 2016).

Paradossalmente, nei paesi con un alto tasso di sviluppo economico il tasso di disoccupazione giovanile tende ad essere più elevato. In paesi con reti di sicurezza ben sviluppate i lavoratori possono permettersi di aspettare lavori adeguati o desiderabili, mentre in quelli dove non vi sono sussidi di disoccupazione o assistenza sociale i cittadini vivono in una situazione molto più precaria ed essendo maggiormente esposti al rischio di povertà tendono a entrare precocemente nel mercato del lavoro.

Una disoccupazione giovanile elevata e prolungata, d'altro canto, indica gravi inefficienze nell'allocazione delle risorse. I giovani, oggi, hanno crescente incertezza nella loro possibilità di entrare in modo soddisfacente nel mercato del lavoro e questa incertezza e disillusione possono, a loro volta, avere effetti dannosi su individui, comunità, economie e società in generale. I giovani disoccupati o sottoccupati sono meno in grado di contribuire efficacemente allo sviluppo nazionale e hanno meno opportunità di esercitare i loro diritti di cittadini, hanno meno da spendere come consumatori e meno da investire come risparmiatori. La diffusa disoccupazione giovanile e la sottoccupazione impediscono alle imprese e ai paesi di innovare e sviluppare vantaggi competitivi basati sugli investimenti di capitale umano, minando così le prospettive future.

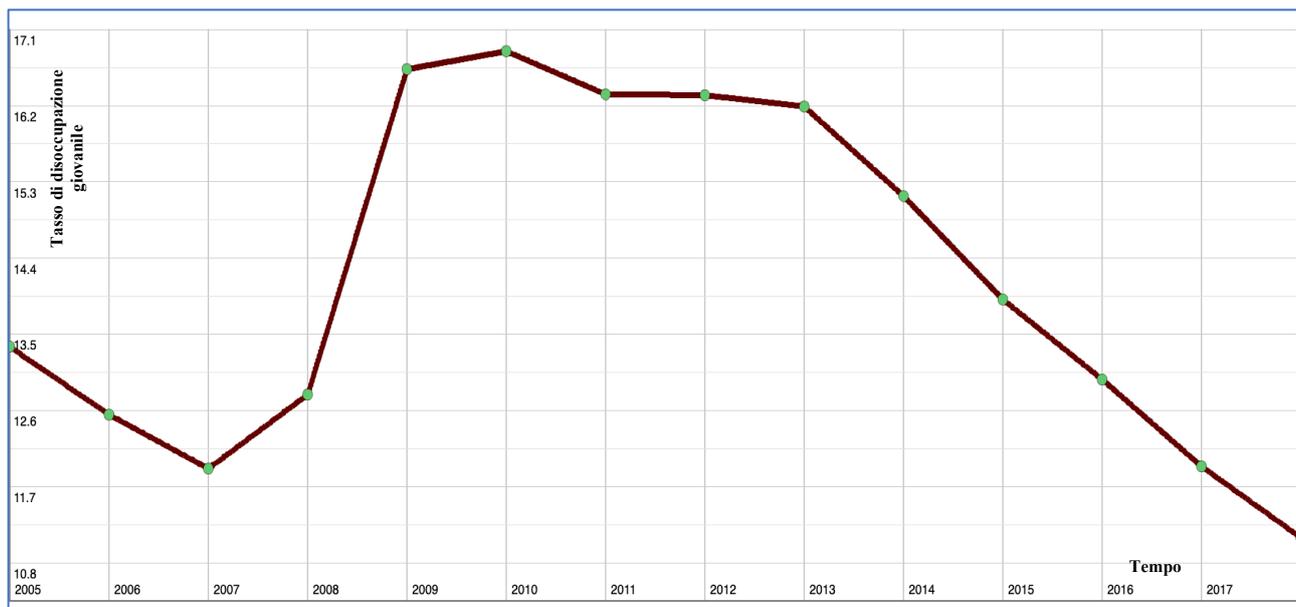


Figura 4 - Tasso di disoccupazione giovanile medio nei paesi OCSE, in percentuale della forza lavoro compresa tra i 15 e il 24 anni (dal 2005 al 2020).

Fonte: OECD.stat database, March 2020.

Un fattore che influenza le performance del mercato del lavoro è il livello di competenze e abilità della forza lavoro. L'indicatore che meglio cattura questi dati è l'informazione sul livello di istruzione nazionale, fondamentale per comprendere il grado di competitività internazionale e le capacità di usufruire efficientemente delle innovazioni tecnologiche da parte di imprese e lavoratori. A riguardo sono presenti in letteratura vari studi, tra cui quello dell'International Labour Organization, comprendente un'analisi della relazione tra i livelli d'istruzione e di funzionamento del sistema educativo e il successo sul mercato del lavoro. In generale, livelli più alti di istruzione migliorano le opportunità di entrare nel mondo del lavoro ricoprendo posizioni maggiormente retribuite, proteggendo così l'individuo dal rischio di disoccupazione e garantendo un livello di salari più elevato. Attualmente, dai dati presentati dall'OCSE possiamo evincere che la media totale di coloro che sono disoccupati e hanno un livello generale di istruzione non superiore al grado superiore sono il 9.8% della forza lavoro. Invece, il tasso è significativamente più basso se calcolato per coloro che sono in possesso di un livello di istruzione terziaria (circa il 3.9% a livello aggregato).

L'analisi dell'indagine OCSE ("Survey of Adult Skills" - PIAAC, 2016) evidenzia che i giovani godono di più alti rendimenti dalla scolarizzazione in termini di partecipazione alla forza lavoro, coerentemente con il fatto che nel valutare i giovani candidati con scarsa esperienza lavorativa i datori di lavoro attribuiscono grande importanza ai titoli di studio in assenza di altre informazioni sulle qualità dei potenziali dipendenti. Al contrario, per i lavoratori più anziani con una maggiore

esperienza sul mercato del lavoro, l'istruzione è solo una delle tante informazioni disponibili sulle loro abilità (G. Quintini, 2014).

1.3 Le “skill” nel mercato del lavoro e il cambiamento dovuto all’automazione

Le “skill” sono definite come l’insieme delle abilità e delle competenze possedute da un individuo, acquisite tramite l’istruzione, l’addestramento, l’esperienza lavorativa, ovvero possono essere innate. Si distingue di solito tra “soft” skills (non cognitive) e “hard” skills (cognitive): le prime si riferiscono ai tratti della personalità (ad esempio la capacità di saper lavorare in gruppo), le seconde attengono alle competenze tecnico-scolastiche acquisite dal soggetto. Si parla di lavoratori “skilled” o “unskilled” in base a una classificazione della forza lavoro che prevede una distinzione tra individui con alta o bassa qualificazione. Tendenzialmente i lavoratori con un alto livello di competenze sono più produttivi, ma anche più costosi, quindi le aziende si trovano davanti a un trade-off per individuare la combinazione di competenze ottimale per minimizzare i costi (Enciclopedia Treccani).

Secondo alcune teorie, la produttività dei lavoratori è strettamente correlata alle conoscenze e alle skills che possiedono, e i salari riflettono questa correlazione. Pertanto, i lavoratori con più skills dovrebbero aspettarsi di partecipare più attivamente al mercato del lavoro. L’approccio dell’OCSE nel formalizzare questa relazione, attraverso il censimento PIAAC (Survey of Adult Skills), è innovativo in quanto ha cercato di misurare direttamente un numero di skills, definite “key information-processing”, per fornire informazioni precise su come il livello di competenza in quelle skills può influenzare la partecipazione nel mercato del lavoro e il livello di salario.

A livello macroeconomico, si è evidenziato come la disoccupazione e la bassa produttività del sistema economico dipendono anche dalla distribuzione delle skills nel mercato del lavoro. Di conseguenza, in un paese dove vi è una grande percentuale di disoccupati che hanno un alto livello di qualificazioni e competenze, il governo dovrebbe implementare delle politiche per incrementare i tassi di occupazione, dato che i lavoratori hanno sufficiente abilità per lavorare. Normalmente un’alta percentuale di lavoratori high-skilled che cerca lavoro ed è disoccupata segnala un problema di inefficienza allocativa di individui nei posti di lavoro. Le analisi dell’OCSE hanno rilevato due risultati significativi.

In primis, considerando due categorie di skills (letterarie e numeriche), e ipotizzando di dividere la popolazione in tre gruppi (occupati, disoccupati e inattivi), risulta che la media, fra tutti i paesi studiati, di abilità nell’ambito letterario è leggermente (circa il 5%) più alta nel gruppo degli occupati. In parte una differenza così piccola può essere attribuita all’alta incidenza della disoccupazione tra i giovani, che generalmente sono più competenti delle loro controparti più anziane.

Inoltre, se ipotizziamo di classificare i lavoratori in cinque gruppi sulla base del livello di abilità acquisite, in media nei paesi OCSE solo il 6% dei lavoratori si colloca al livello più alto di competenze nei settori dove vi è una maggiore influenza della tecnologia (G. Quintini, 2014).

Sulla base dello stesso studio, è possibile analizzare quale sia la relazione tra l'istruzione e la partecipazione nel mercato del lavoro. La probabilità di essere disoccupato crolla drasticamente con l'aumento degli anni di istruzione. Nello specifico, se aumentiamo di 3 anni il periodo di istruzione, cioè di una deviazione standard dalla media dei paesi OCSE, la probabilità di partecipazione nel mercato del lavoro aumenta del 43%.

Il risultato più importante di questa analisi è che le conoscenze e le abilità, oltre a quelle acquisite nel periodo scolastico, hanno un ruolo indipendente e fondamentale nell'incrementare le possibilità di occupazione. Di conseguenza, è cruciale continuare a sviluppare competenze e imparare nuove abilità una volta finito il periodo di formazione scolastica. In generale, un miglioramento delle competenze in ambito letterario, quantitativo e di problem-solving ha un effetto positivo sulla partecipazione alla forza lavoro e sulle possibilità essere occupati, a prescindere dall'età lavorativa del soggetto.

Il questionario Job Requirements (JRA), invece, si concentra sullo studio delle skills che sono effettivamente utilizzate dai lavoratori quotidianamente per svolgere i loro compiti. Sono stati creati, perciò, dodici indicatori: cinque si riferiscono alle information processing skills (lettura, scrittura, abilità di calcolo, ICT skills e problem solving), gli altri sette riguardano skills generiche tra cui la cooperazione e capacità di organizzazione. I risultati dimostrano che le skills ICT sono, in media, le più utilizzate, come mostrato nella figura 5.



Figura 5 - Uso medio delle "information processing skills" sul posto di lavoro

Fonte: Survey of Adult Skill (PIAAC) (2012).

I paesi in cui le skills sono utilizzate più intensamente sul posto di lavoro tendono ad essere i più produttivi, anche se questa correlazione dipende altrettanto da altri fattori quali lo stock di capitale, la qualità delle tecnologie di produzione e l'efficienza con cui si assumono i lavoratori più adatti a svolgere specifici compiti. Nonostante queste limitazioni, è stato possibile individuare una correlazione statistica positiva tra la produttività del lavoro e l'utilizzo delle information processing skills (G. Quintini, 2014).

Di conseguenza, il grado con cui i paesi OCSE saranno soggetti alla disoccupazione tecnologica dipende non soltanto dalla dirompenza del cambiamento tecnologico, ma anche dalla prontezza con cui i sistemi scolastici e le industrie reagiranno alla nuova domanda di skills.

La domanda di lavoro e di skills non è facile da misurare, ad ogni modo i livelli occupazionali e il grado di riconversione professionale sono considerate delle buone approssimazioni. A partire dagli anni '50, nella maggior parte dei paesi OCSE, la percentuale di lavoratori occupati nel settore manifatturiero è diminuita, insieme alla percentuale di coloro che lavorano nel settore agricolo. Allo stesso tempo si è registrata una crescita costante della presenza di professionisti, manager e lavoratori nei servizi (Nedelkoska e Quintini, 2018). Questo fenomeno è spiegato dalla crescita del settore dei servizi, la cui quota nell'occupazione totale è aumentata in media del 1,4% nei paesi UE (Cedefop, 2016). Si prevede che nel decennio 2015-2025 continuerà la crescita della quota del settore terziario, con un incremento del 2%. A livello pratico ciò implica che le professioni altamente qualificate (manager, professionisti, professionisti associati ecc.) subiranno un'espansione considerevole in termini di quota percentuale del totale delle occupazioni. Negli Stati Uniti, invece, si registra un trend inverso in quanto la crescita dell'occupazione tra le professioni altamente qualificate è molto più lenta a partire dall'inizio del secolo. Secondo le stime del Bureau of Labour Statistics del 2016 il fenomeno si spiega con il declino della domanda di manager nel settore IT, e un contemporaneo aumento della percentuale di posti di lavoro dedicati ad altre figure lavorative, come ad esempio i programmatori di software o gli ingegneri informatici.

In generale, come anche evidenziato dalla figura 6, aumenterà la polarizzazione dei posti di lavoro, facendo scomparire i lavori "middle-skilled" nei paesi sviluppati. Inoltre, ulteriori analisi hanno messo in luce che la domanda di skills non tradizionali, cognitive e interattive, è aumentata a partire dal 1960. Mentre le industrie passano dallo svolgimento di attività di routine a quelle non tradizionali, migliora anche la formazione scolastica, evidenziando una stretta correlazione tra la domanda di skills "non routine" e la domanda di istruzione terziaria (di livello universitario) (Nedelkoska e Quintini, 2018).

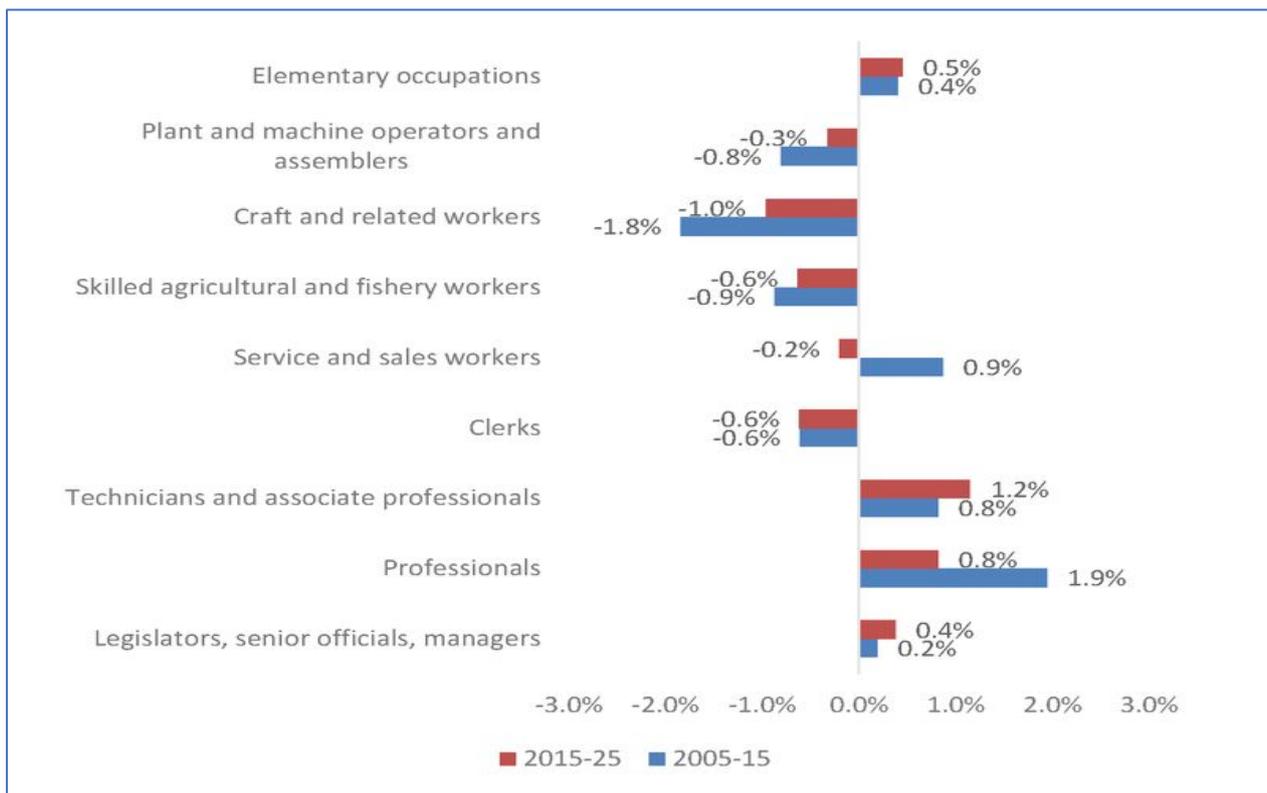


Figura 6 - Cambiamenti nelle quote di occupazione passate a future per settore, 2005-2025

Fonti: Cedefop skills forecast (2016), as published in Cedefop (2016b).

Dal lato dell'offerta di skills, il livello di istruzione è in continuo aumento, infatti il tasso di iscrizione medio alle università è passato dal 23,7% nel 1971 al 70% nel 2014 (UNESCO Institute for Statistic, 2017).

Per riassumere, la domanda di skills è influenzata dai cambiamenti tecnologici, dai fattori istituzionali (ad esempio il livello di sindacalizzazione) e dagli schemi di commercio internazionale. L'offerta dipende dalle decisioni degli istituti scolastici, dalla formazione fornita dal datore di lavoro, e in molti casi dalle migrazioni. Attualmente la domanda eccede l'offerta di lavoratori "high" skilled, facendo aumentare i salari. Allo stesso tempo l'eccesso di offerta di lavoratori unskilled ha portato a una diminuzione dei salari. Pertanto, dal punto di vista politico, è fondamentale comprendere che gli effetti del cambiamento tecnologico sull'occupazione e sui salari dei cittadini dipendono profondamente da come gli istituti scolastici e le aziende sono in grado di anticipare i cambiamenti della domanda e quanto velocemente possono rispondere ad essi. Sebbene sia difficile controllare l'evoluzione della tecnologia, si possono mitigare gli effetti negativi progettando risposte istituzionali tempestive e adeguate.

Capitolo II

2 Investimenti ICT e effetti sul mercato del lavoro, un approccio teorico

2.1 Rivoluzioni tecnologiche e mercato del lavoro: excursus storico

Le preoccupazioni in merito alla disoccupazione tecnologica non sono un fenomeno recente. Come sottolineato da molti, nel corso dei secoli non fu la mancanza di invenzioni a limitare lo sviluppo economico, ma piuttosto la presenza di potenti interessi sociali ed economici a mantenere il mondo del lavoro immutato. Ad esempio, nel 1589 William Lee inventò una macchina che permetteva di automatizzare in parte la lavorazione a maglia, aiutando così gli operai. Tuttavia, la regina Elisabetta I non diede il consenso per il brevetto della macchina, temendo che l'introduzione di una nuova tecnologia avrebbe reso obsolete le skills dei lavoratori, aumentando così la disoccupazione.

Le corporazioni di lavoratori, inoltre, hanno indebolito le spinte all'innovazione in difesa degli interessi degli operai, da sempre contrari all'introduzione di nuove macchine.

Durante la prima Rivoluzione Industriale gli operai iniziarono a distruggere i macchinari introdotti nelle fabbriche per paura di perdere il posto di lavoro. La situazione in Inghilterra però era cambiata rispetto al secolo precedente: si era stabilita la supremazia del parlamento sulla corona, e la classe degli imprenditori diventò politicamente dominante, le corporazioni quindi non avevano più il potere politico per opporsi all'introduzione di nuove tecnologie nelle fabbriche e nel 1769 fu emanato un provvedimento con il quale la distruzione dei macchinari industriali divenne perseguibile con la morte. È stato dimostrato che alla fine, nonostante i movimenti di protesta i consumatori e i lavoratori "low" skilled furono i maggiori beneficiari della Rivoluzione Industriale. Ciò evidenzia come gli equilibri tra la conservazione dei posti di lavoro e il progresso tecnologico dipendono essenzialmente dagli equilibri di potere politico nella società e da come i proventi del progresso tecnologico vengono distribuiti (Frey e Osborne 2017).

Nel diciannovesimo secolo, le tecnologie manifatturiere consentirono la semplificazione dei compiti degli operai, iniziando così il processo di "deskilling": il lavoro che era svolto dagli artigiani era ora decomposto in compiti più semplici, svolti in sequenza da molti lavoratori, che si specializzavano in una sola piccola parte della catena produttiva. La prima catena di montaggio fu implementata nel 1804, ma solo agli inizi del 1900 questo metodo di produzione fu adottato su ampia scala, consentendo l'avvio di una produzione a basso costo. È importante sottolineare che la catena di montaggio è un processo produttivo progettato per i lavoratori "unskilled", e ha creato molti posti di lavoro, dato che quello che in passato era il lavoro di un singolo artigiano diventò in media

un'operazione compiuta da 29 operai. In tempi recenti si registra però un trend diverso. In breve, mentre le linee di assemblaggio delle fabbriche, con la loro estrema divisione del lavoro, avevano richiesto enormi quantità lavoratori, l'elettrificazione ha permesso di automatizzare molte fasi del processo produttivo, il che a sua volta ha aumentato la domanda operai relativamente qualificati per far funzionare i macchinari. La rivoluzione dei trasporti, inoltre, ha allargato la dimensione dei mercati e ha reso le importazioni molto più economiche e competitive. Con l'espansione degli stabilimenti produttivi è anche aumentata la domanda di manager e impiegati, stabilendo un nuovo trend nella correlazione che vi è tra la modernizzazione del lavoro e la domanda di skills. Nel 1960 iniziò la cosiddetta "Computer Revolution", che ha segnato l'inizio di una nuova era nel mondo del lavoro. La computerizzazione ha incrementato la domanda di impiegati e di lavoratori "high" skilled, e allo stesso tempo ha permesso l'automazione di una serie di compiti che prima erano svolti dall'uomo. Quindi, oggi il progresso tecnologico ha due effetti contrastanti sul lavoro. In primis, poiché la tecnologia sostituisce il lavoro vi è un effetto distruttivo; in secondo luogo, vi è un effetto di capitalizzazione che consente alle aziende di entrare in settori in cui la produttività è alta, contribuendo all'aumento del tasso di occupazione. Nel corso dei secoli l'effetto di capitalizzazione è stato predominante, ma è possibile che la scoperta di nuovi mezzi per rendere meno costoso il lavoro possa in futuro superare il ritmo con cui si creano nuovi posti di lavoro, come sottolineato da Keynes (1933).

2.2 Innovazione e Lavoro: revisione della letteratura

In questa sezione l'intento è quello di discutere le principali teorie economiche con le quali si è tentato di formalizzare l'impatto quantitativo e qualitativo del cambiamento tecnologico. Oggigiorno il dibattito economico in merito agli effetti dell'innovazione sul mercato del lavoro è ancora focalizzato sulle forze di compensazione del mercato che possono, in teoria, bilanciare l'iniziale effetto negativo del progresso tecnologico.

Per definizione il cambiamento tecnologico consente di produrre la stessa quantità di beni con un numero inferiore di fattori di produzione, ad esempio il capitale e il lavoro. A livello generale, l'occupazione in termini assoluti diminuisce sempre con l'avvento del progresso tecnologico.

Definiamo l'isoquanto come l'insieme di tutte le combinazioni di input produttivi, ad esempio capitale e lavoro, sufficienti a produrre la stessa quantità di output. Le curve di isocosto sono tutte le combinazioni di fattori produttivi a cui è associato lo stesso costo totale che le imprese devono sostenere. Il punto di equilibrio si trova nel punto di tangenza tra le curve di isocosto e l'isoquanto (H. Varian, 2011). Partendo dall'equilibrio E, nel quale si produce una quantità Y al massimo livello potenziale di capitale e lavoro, un cambiamento tecnologico permette all'isoquanto di spostarsi verso

l'origine. Il nuovo equilibrio sarà in E' , dove le quantità di capitale (K') e lavoro (L') necessarie per produrre Y saranno inferiori (Vivarelli, 2012).

La figura 7 rappresenta tuttavia solo gli effetti “diretti” del cambiamento tecnologico.

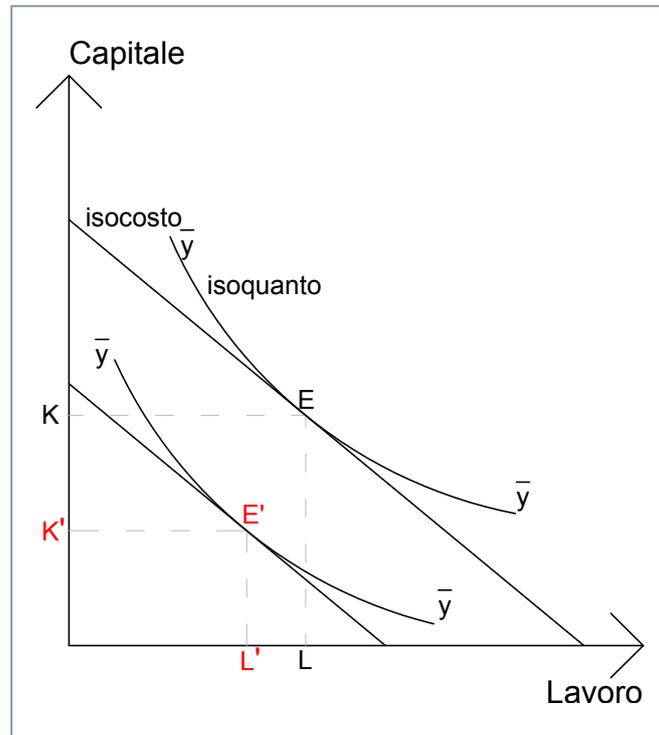


Figura 7 - Effetti del cambiamento tecnologico

Nella prima metà del IX secolo gli economisti formalizzarono una teoria, che fu poi rinominata da Marx con il nome di “teoria della compensazione”. La teoria della compensazione è stata definita da come: “una teoria secondo cui la classe lavoratrice viene compensata dalle sofferenze iniziali conseguenti all’introduzione delle macchine che risparmiano lavoro in virtù dei successivi effetti favorevoli di queste” (Schumpeter, 1959).

Questa teoria è composta da sei diversi canali di compensazione del mercato che sono innescati dal progresso tecnologico, grazie ai quali l’economia è in grado di controbilanciare gli iniziali effetti di contrazione dell’occupazione. Tali meccanismi sono:

1. Il meccanismo di compensazione attraverso l’aumento dell’occupazione nel settore dei beni strumentali:

Lo stesso processo che sostituisce i lavoratori nelle industrie, crea nuovi posti di lavoro nei settori che si occupano della produzione dei nuovi macchinari e delle innovazioni.

2. *Il meccanismo di compensazione attraverso la diminuzione dei prezzi:*

Se da un lato l'innovazione della produzione implica un dislocamento dei lavoratori; dall'altro le innovazioni comportano una diminuzione dei costi di produzione e in un mercato competitivo il loro effetto si trasferisce sui prezzi dei beni. Una diminuzione dei prezzi stimola la domanda di beni e quindi la produzione e l'occupazione.

3. *Il meccanismo di compensazione attraverso i nuovi investimenti:*

Dato che il mercato non si adegua istantaneamente alle nuove condizioni di produzione, durante il gap tra la diminuzione dei costi, a causa del progresso tecnico, e la caduta dei prezzi dei beni, gli imprenditori che implementano nuovi processi produttivi potrebbero accumulare extraprofitti. Questi profitti implicano maggiori investimenti, introducendo nuove produzioni e nuovi posti di lavoro.

4. *Il meccanismo di compensazione attraverso la diminuzione dei salari:*

L'effetto diretto delle tecnologie che riducono la quantità di manodopera necessaria per produrre un bene può essere compensato attraverso un meccanismo di aggiustamento dei prezzi. In un contesto neoclassico, in cui vi è concorrenza sui mercati e piena sostituibilità tra lavoro e capitale, una diminuzione dei salari comporta un aumento della domanda di lavoro.

5. *Il meccanismo di compensazione attraverso un aumento dei redditi:*

Questo canale di trasmissione è in diretto contrasto con quanto detto al punto precedente. Una porzione del risparmio dei costi ottenuti grazie all'innovazione si può tradurre in un aumento del reddito dei lavoratori, quindi in un aumento dei consumi. L'aumento di domanda aggregata implica un aumento dell'occupazione, che potrebbe compensare l'iniziale contrazione del mercato del lavoro. Ciò è possibile se i frutti del progresso tecnologico vengono distribuiti anche fra i lavoratori.

6. *Il meccanismo di compensazione attraverso i nuovi prodotti:*

Innovazione tecnologica significa anche creazione e commercializzazione di nuovi prodotti; in questo caso si avranno nuove filiere di produzione e quindi nuovi posti di lavoro.

(Vivarelli, 2012; Marx, 1961).

In generale, la teoria economica recente concorda sul potenziale effetto di questi canali di compensazione; è riconosciuto che alcune forme di cambiamento tecnologico, ad esempio quelle di produzione di nuovi prodotti, possano avere effetti benefici sul mercato del lavoro. È allo stesso

tempo verificabile che i meccanismi di compensazione possono essere bloccati o rallentati da inconvenienti.

La prima critica alla teoria della compensazione riguarda il meccanismo attraverso cui l'innovazione comporta uno sviluppo dei settori in cui si producono beni strumentali. Infatti, le tecnologie che consentono la riduzione di manodopera possono essere utilizzate anche nella produzione dei beni strumentali, per cui l'aumento di posti di lavoro in questi settori potrebbe non essere sufficiente per compensare l'aumento di disoccupazione iniziale (Marx, 1961).

Il meccanismo attraverso la diminuzione dei prezzi potrebbe non funzionare per due motivi: il primo effetto del progresso tecnologico è una diminuzione della domanda aggregata dovuta all'aumento della disoccupazione quindi la domanda, in seguito a una diminuzione dei prezzi, dovrebbe aumentare in modo più che proporzionale per controbilanciare gli effetti negativi iniziali; in secondo luogo, potrebbero esserci delle limitazioni alla domanda, ad esempio potrebbe esservi un ritardo nelle decisioni di consumo dei singoli individui. Infine, l'efficacia di questo meccanismo si basa sull'ipotesi di concorrenza perfetta dei mercati.

Inoltre, il meccanismo di compensazione attraverso i nuovi investimenti è fondato sull'ipotesi che i profitti generati dal progresso tecnologico siano direttamente utilizzati per investimenti produttivi, senza tener conto delle aspettative degli operatori economici. Anche il meccanismo che opera attraverso la diminuzione dei salari può subire delle distorsioni. Da un lato una diminuzione dei salari comporta l'assunzione di nuovi lavoratori, ma dall'altro diminuiscono le aspettative dei datori di lavoro sulla qualità degli impiegati, causando una diminuzione delle assunzioni.

La compensazione che si basa sull'aumento del reddito, invece, è tipica di un modello di produzione nel quale i salari non sono regolati dalle forze competitive del mercato e i lavoratori possono ottenere rilevanti guadagni dal progresso tecnologico. Questo meccanismo di compensazione al giorno d'oggi è stato indebolito notevolmente dal contesto istituzionale (Vivarelli, 2012). L'equilibrio tra gli effetti di sostituzione del lavoro e i benefici apportati dalle innovazioni, in definitiva, dipendono dal contesto socioeconomico e istituzionale di un determinato paese in un certo periodo storico.

Vi è un secondo filone di letteratura, chiamato "end of work", secondo cui la futura società post-industriale è caratterizzata da una diminuzione del lavoro in generale. L'ipotesi alla base è che il progresso tecnico non è mai neutrale: l'introduzione di nuove tecnologie porta a un incremento delle aspettative di profitto e può implicare effetti distorsivi sulle condizioni di lavoro sia dal punto di vista qualitativo sia quantitativo. I meccanismi di compensazione sul mercato tendenzialmente non sono mai abbastanza ampi per riuscire a bilanciare l'effetto di riduzione del lavoro. Questi autori evidenziano che, insieme all'aumento del tasso di disoccupazione, negli Stati Uniti si è verificato un allargamento dei differenziali di salario e la formazione di una vasta classe di lavoratori esclusi

dall'aumento di ricchezza dovuto all'innovazione industriale, rendendo più ampia la forbice tra ricchi e poveri. La maggiore implicazione di questa teoria è che l'obiettivo politico di pieno impiego deve essere abbandonato, e devono essere trovate nuove soluzioni come ad esempio la riduzione della settimana lavorativa. Queste conclusioni presentano, peraltro, delle problematiche che ne minano l'effettiva applicabilità. Nella maggior parte dei casi le soluzioni proposte necessitano sia di un ingente finanziamento da parte dello stato sia del consenso dei cittadini, pertanto non si possono implementare nel breve periodo per ridurre la contrazione dei posti di lavoro. Oltre a ciò, questo metodo di analisi rischia di sottostimare gli effetti indiretti del processo di innovazione e non tiene conto delle impreviste opportunità di lavoro che si formano in conseguenza della nascita di nuovi prodotti e di nuovi settori industriali.

La relazione esistente tra innovazione e lavoro può essere rappresentata da un quadro molto complesso in cui l'interazione tra l'impatto diretto sull'occupazione, i meccanismi di compensazione e gli ostacoli a tali meccanismi possono generare risultati molto diversi fra loro. Come sottolineato da Pasinetti, nel futuro ci dobbiamo aspettare che le dinamiche strutturali del sistema economico tenderanno a generare ciò che viene chiamato "disoccupazione tecnologica". Allo stesso tempo, le stesse dinamiche strutturali possono dar vita a dei meccanismi di riequilibrio che sono in grado di riportare le condizioni macroeconomiche verso la stabilità, anche se non automaticamente. Infatti, ciò che emerge da questa discussione è che la teoria economica non ha ancora una risposta chiara su quali siano gli effetti delle innovazioni in merito alle variabili del mercato del lavoro, pertanto è utile concentrarsi sulle analisi empiriche.

2.3 Innovazione e Lavoro: analisi empiriche

Nella misurazione dell'impatto finale dell'innovazione possono sorgere tre problemi principali. Il primo fra questi è relativo al fatto che l'innovazione è difficile da misurare; gli indicatori tradizionali, ad esempio gli investimenti in Ricerca e Sviluppo, sono spesso inadeguati a rappresentare il progresso tecnologico in tutti i suoi aspetti. Per quanto riguarda l'effetto finale del progresso tecnologico, è stato evidenziato come esso dipenda da meccanismi istituzionali che possono essere molto diversi fra loro a livello micro, meso e macro e possono variare ampiamente se si considerano diversi contesti economici. Infine, è difficile misurare l'impatto effettivo dell'innovazione sul lavoro. Quest'ultimo è infatti influenzato da molti altri fattori: ad esempio, il ciclo economico, le dinamiche del mercato del lavoro, i fattori istituzionali e molti altri ancora (Vivarelli, 2012).

Alcuni studi rivelano un effetto positivo dell'ICT e delle innovazioni sull'occupazione, altri, al contrario, hanno rivelato come tale relazione sia negativa.

Dal punto di vista macroeconomico, gli economisti si sono concentrati sullo studio della teoria della compensazione, cercando di verificarne la validità. In generale, l'efficacia dei meccanismi di compensazione dipende dalle caratteristiche di ogni paese, ad esempio per quanto riguarda gli Stati Uniti le analisi hanno mostrato come sia molto rilevante il meccanismo che opera attraverso la diminuzione dei prezzi. Vivarelli, utilizzando i dati del periodo 1960-1988 negli Stati Uniti e in Italia, ha cercato di stimare l'impatto della disoccupazione tecnologica e i diversi meccanismi di compensazione. I risultati della ricerca evidenziano che in entrambi i paesi il meccanismo di compensazione più efficace sia quello che si basa sulla diminuzione dei prezzi. Inoltre, l'economia americana è maggiormente orientata al prodotto (quindi caratterizzata da una relazione positiva tra tecnologia e occupazione), invece in Italia i meccanismi di compensazione spesso non riescono a controbilanciare l'iniziale diminuzione di posti di lavoro (Vivarelli 1995).

Simonetti et al., hanno utilizzato un modello macroeconomico per studiare l'effetto diretto di risparmio di lavoro derivante dalle innovazioni. Utilizzando i dati statunitensi, francesi, italiani e giapponesi nel periodo 1965-1993, gli autori hanno sottolineato che i canali di compensazione attraverso la diminuzione dei prezzi e l'aumento dei redditi sono quelli più efficaci per i paesi europei fino alla metà degli anni '80 (Ebaidalla, 2016).

Per quanto riguarda l'analisi microeconomica, alcuni studi hanno riscontrato una relazione negativa tra innovazione e lavoro. Per esempio, Brouwer et al., (1991) hanno esaminato l'influenza dell'innovazione sui tassi di crescita dell'occupazione in 859 aziende manifatturiere olandesi tra il 1983 e il 1988. Il risultato è che l'impiego di tecnologie innovative ha un leggero impatto negativo sull'occupazione. Allo stesso modo, utilizzando i dati del British Workplace Industrial Relation Survey del 1984, alcuni autori hanno riscontrato una relazione negativa tra l'adozione delle tecnologie ICT e l'occupazione (Vivarelli, 2012). Inoltre, risultati simili sono stati trovati considerando i dati di 16 industrie tedesche, rivelando che il cambiamento tecnologico è stato uno dei fattori determinanti della riduzione dell'occupazione in Germania negli anni '80 (Ebaidalla, 2016).

Più recentemente, nel 2003 l'ALM pubblicò un'analisi sostenendo che il capitale tecnologico è sia sostituto dei lavoratori per quanto riguarda attività manuali e cognitive, sia complementare nell'esecuzione di compiti complessi e non routinari. Tali conclusioni si basano sull'ipotesi che i computer possono essenzialmente seguire delle procedure complesse progettate dai programmatori, e non svolgere attività che richiedono interazioni personali, riconoscimento visivo e del linguaggio e capacità di adattamento alle varie situazioni che vengono presentate. Eppure, dopo meno di un decennio dalla pubblicazione di questo studio, la tecnologia digitale è avanzata talmente tanto da rendere l'analisi obsoleta. Frey e Osborne (2013-2017), fra tutti, evidenziarono i progressi tecnologici nel campo informatico che hanno reso tutti quei compiti considerati fuori portata per i computer

dall'ALM, possibili, espandendo la lista dei posti di lavoro che sono a rischio di automazione. Basti pensare alla traduzione simultanea da una lingua ad un'altra grazie a tecnologie come Google Translate, o i software in grado di diagnosticare il cancro meglio dei medici come quelli IBM's Watson.

Frey e Osborne hanno condotto un'analisi basata sulle affermazioni degli esperti di ogni settore sulla probabilità di automazione di alcuni posti di lavoro. I risultati evidenziano che circa il 47% dei lavoratori negli Stati Uniti è a rischio di essere sostituito da computer o algoritmi entro i prossimi dieci anni (Frey e Osborne, 2018). Il report "Technology at work. The Future of Innovation and Employment" (2017) suggerisce quali siano i rischi e le opportunità della Digital Trasformation. La trasformazione digitale aumenta le disparità economiche a causa della concentrazione del reddito in poche mani; dall'altro lato incrementa la produttività del lavoro. La crescita della produttività, però, non è immediata in quanto servono adeguati processi di re-ingegnerizzazione dei processi produttivi. Un approccio alternativo al problema è quello dell'OCSE e ripreso da alcune ricerche precedenti (Arntz, Gregory e Zierahn, 2016; Nedelkoska e Quintini, 2018). Il metodo utilizzato consente di stimare il numero dei lavori che sono a rischio di automazione analizzando direttamente i compiti svolti individualmente in ogni posto di lavoro. L'OCSE ha quindi calcolato che la percentuale dei lavoratori che sono ad alto rischio di automazione è del 14%, in media. Il 32% dei lavori esistenti, invece, cambierà ed emergeranno nuove modalità di svolgimento di alcuni mestieri. È stato evidenziato anche che sono più vulnerabili al rischio di automazione i lavoratori con un basso livello di competenze, un dato che potrebbe alimentare ulteriormente le disparità nel mercato del lavoro.

L'analisi dell'OCSE, pertanto, suggerisce che una sostanziale contrazione del mercato del lavoro è improbabile. Le forze in gioco non soltanto distruggono posti di lavoro, ma li trasformano e ne creano di nuovi. Storicamente, infatti, l'effetto netto del progresso tecnologico sul mercato del lavoro è sempre stato positivo e non ci sono segnali di cambiamento di questo trend negli anni a venire. Nonostante la preoccupazione relativa al dislocamento del lavoro a causa della globalizzazione e del progresso tecnologico, nella maggior parte dei paesi OCSE i tassi di occupazione sono aumentati nelle ultime decadi, e l'aumento dell'occupazione è avvenuto in parallelo con l'aumento del progresso tecnologico. Tuttavia, occorre sottolineare che, sebbene a livello nazionale si può riscontrare un aumento dell'occupazione, lo stesso non può essere detto per i singoli settori. L'avvento delle innovazioni tecnologiche distrugge posti di lavoro in un certo settore, ad esempio quello tessile, e contemporaneamente ne crea altri in diversi settori industriali.

John M. Keynes parlò di "disoccupazione tecnologica" già all'inizio del XX secolo, sostenendo che l'automazione avrebbe portato a una sostituzione del capitale umano nel mercato del lavoro. Ciò che era stato previsto da Keynes non si è ancora avverato perché fino ad oggi la maggiore efficienza dei

processi produttivi ha consentito un miglioramento dei redditi e un aumento di posti di lavoro in settori nuovi. La preoccupazione di molti è che si possa invertire questo trend così che il futuro del mondo del lavoro risulta molto incerto.

2.4 Innovazione e Skills

Nelle recenti analisi economiche è emerso un ulteriore fattore dalla relazione tra cambiamento tecnologico e mercato del lavoro: l'effetto "qualitativo" dell'innovazione, che influenza le skills.

L'intuizione alla base è che le nuove macchine svolgono dei compiti che in precedenza erano a carico dei lavoratori, in particolare quelli low-skilled, incrementando la domanda di lavoratori qualificati. La letteratura si concentra essenzialmente sull'ipotesi di "skill biased technological change" (SBTC), che implica che le nuove tecnologie per essere implementate in modo efficiente richiedono la presenza di skills adatte nel mercato del lavoro. In altre parole, in presenza di innovazioni "skill-biased", la scarsità di soggetti high-skilled può generare un aumento della disoccupazione fra i lavoratori con un basso livello di specializzazione (Vivarelli, 2012).

Nelle tre decadi passate, mentre le nuove tecnologie ICT si diffondevano, si è registrato nei paesi OCSE un cambiamento sostanziale della composizione della forza lavoro e del livello dei salari in favore della percentuale high-skilled della forza lavoro. In particolare, negli stati dell'Europa continentale è cresciuta la domanda di nuove figure professionali, mostrando che l'aumento della disoccupazione è dovuta in parte alla riduzione delle assunzioni di lavoratori unskilled, a sostegno dell'ipotesi SBTC.

L'avvento della computerizzazione ha segnato un allargamento qualitativo dell'insieme dei compiti che una macchina può portare a termine, accelerando così la sostituzione delle macchine per quanto riguarda i compiti ripetitivi e nei quali non servono abilità cognitive ed emozionali. La computerizzazione consente di automatizzare una serie molto ampia di compiti, diventando, da un lato, complementare per i lavoratori nelle attività di comunicazione o di problem-solving, e dall'altro sostituita all'uomo nei compiti in cui occorre seguire una serie predefinita di regole. Questa diversa allocazione di compiti nel mercato del lavoro sembra indicare che nel futuro il lavoro umano non sarà superfluo, piuttosto ci sarà bisogno di un numero sempre maggiore di lavoratori con un livello molto alto di competenze e qualificazioni per ricoprire nuovi incarichi, ad esempio nella progettazione e implementazione delle innovazioni.

La letteratura sugli effetti della tecnologia sulle skills è prettamente empirica.

Frey e Osborne hanno messo in luce che la computerizzazione comporterà l'eliminazione di tutti quei posti di lavoro che richiedono un livello basso di qualificazioni. Mentre il progresso tecnologico avanza, sostengono, i lavoratori low-skilled saranno ricollocati per svolgere compiti che non sono

soggetti a rischio di automazione, come quelli che richiedono intelligenza creativa e sociale. Tutto ciò implica che i lavoratori dovranno essere messi nelle condizioni di poter ricoprire questi nuovi ruoli. L'ipotesi alla base di questa analisi è che ci sarà un cambiamento qualitativo dei processi di lavoro dovuto all'automazione: anche le mansioni non routinarie nel futuro potrebbero essere automatizzate, in particolare l'avvento della robotica potrebbe sostituire tutte quelle mansioni che implicano mobilità e destrezza. In questo modo la creazione di nuovi posti di lavoro sarebbe troppo lenta per compensare l'eliminazione di altri, e sarebbero colpiti sia i lavoratori a media specializzazione sia quelli a bassa specializzazione (i.e. logistica e trasporti). Un minore rischio di automazione corrono, per ora, tutti quei mestieri che richiedono abilità sociali e creative, dal management, all'arte, all'assistenza delle persone.

Autor et al., individuano due possibili cause per questo fenomeno. Una possibilità risiede nel fatto che le industrie soggette a innovazione tendono ad assumere lavoratori con un livello di istruzione più alto che si specializzano nei nuovi compiti. Di contro, le imprese potrebbero invece cambiare l'assegnazione dei compiti, riducendo la percentuale di coloro che svolgono compiti di routine, ormai destinati ai computer e ai macchinari. La forza causale con cui la tecnologia informatica influenza la domanda di skills è il calo del prezzo del capitale informatico; le imprese che utilizzavano una grande quantità di lavori di routine prima dell'avvento dei computer fanno grandi investimenti in capitale informatico. Allo stesso tempo, si riduce la quantità di lavoratori che devono svolgere tali compiti e aumenta la domanda di lavoratori per svolgere compiti non di routine, ai quali il capitale informatico è complementare. La persistenza di questi cambiamenti nel mercato del lavoro evidenzia come il cambiamento nel contenuto degli incarichi dei lavoratori è un fattore che contribuisce ai recenti spostamenti della domanda di lavoro a favore di coloro che sono maggiormente specializzati.

Arntz, Gregory e Ziehran hanno esteso lo studio di Frey e Osborne alle nazioni OCSE, riscontrando che gran parte delle divergenze emerse in merito al numero di lavoratori esposti al rischio di disoccupazione tecnologica è dovuta alle differenze nei sistemi scolastici. Nei paesi in cui si pone maggiore attenzione alla formazione professionale degli studenti si ha un ridotto rischio di automazione. Il dato comune a tutti i paesi OCSE è quindi che la percentuale di posti di lavoro a rischio nel futuro sembra diminuire con l'aumentare del livello di istruzione e di reddito dei cittadini.

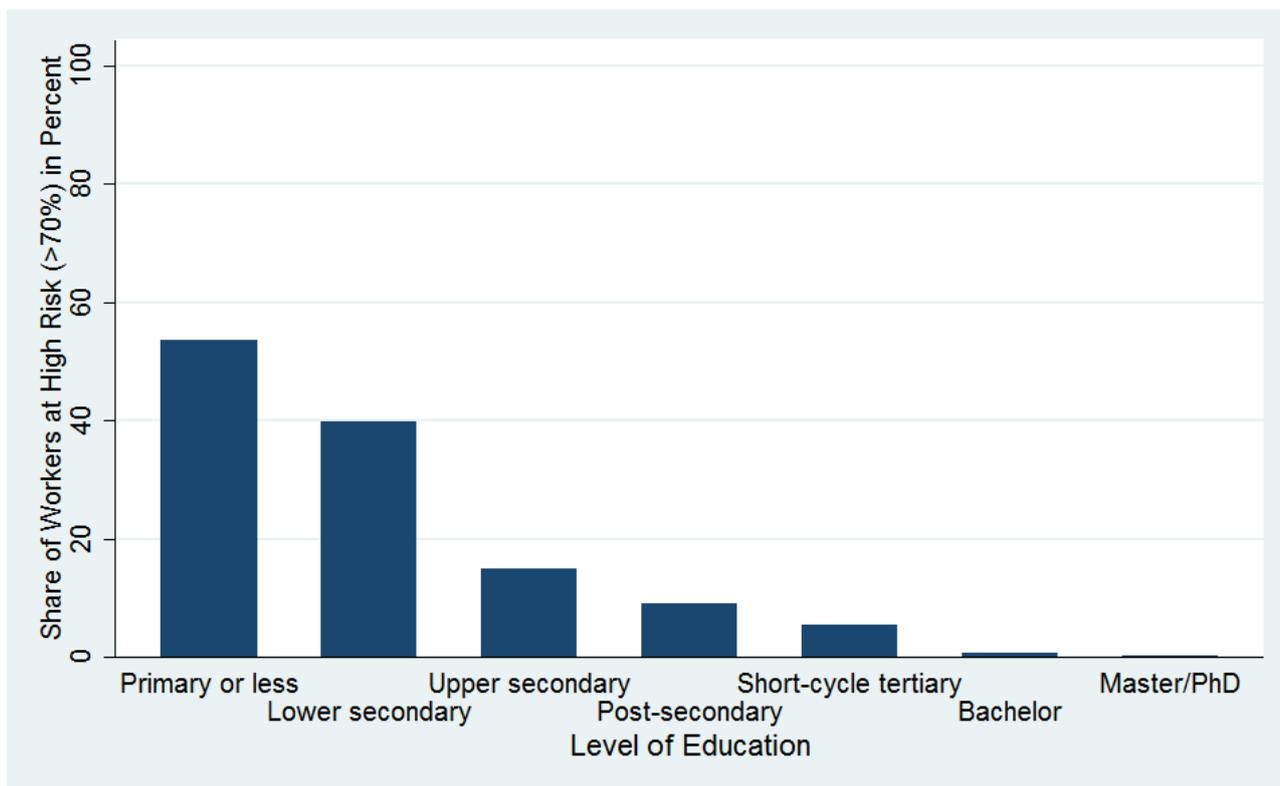


Figura 8 – Percentuale di lavoratori ad alto rischio di automazione per livello di istruzione

Fonte: Arntz, Gregory, Zierahn, calcoli basati sul Survey of Adult Skills (2012)

In sintesi, i lavoratori in possesso di maggiori skills adottano la tecnologia più velocemente e ne fanno un uso migliore. La tecnologia, a sua volta, richiede che i lavoratori si tengano aggiornati sugli sviluppi più recenti. Ne deriva che la relazione è biunivoca: le skills generano il progresso tecnologico e viceversa.

Secondo Nedelkoska e Quintini, infine, le innovazioni che sostituiscono il lavoro umano sono principalmente quelle nel campo della robotica. A differenza delle tecnologie ICT, i robot sono utilizzati per compiere delle operazioni specifiche che possono essere portate a termine senza la supervisione o il controllo umano. Al giorno d'oggi, l'evidenza a favore della natura distorsiva delle innovazioni sulla domanda di skills è comprovata in diversi paesi OCSE, in diversi settori economici e per diversi tipi di innovazione. Dato che la creazione di nuovi posti di lavoro risulta quindi appannaggio di lavoratori istruiti e ad alta specializzazione è di fondamentale rilevanza l'up-skilling della forza lavoro, per apportare al sistema produttivo le competenze necessarie e per evitare l'aumento dei disoccupati.

Capitolo III

3 Analisi empirica

Nell'ultima parte di questo elaborato si illustra il modello econometrico utilizzato per testare le ipotesi avanzate nei capitoli precedenti, si descrivono le variabili prese in considerazione e la costruzione del database. Si analizzerà empiricamente l'effetto che l'innovazione tecnologica ha sulle variabili del mercato del lavoro, in base al livello di skills della popolazione.

3.1 Descrizione dei dati

I dati raccolti si riferiscono a 21 paesi OCSE nel periodo 1995-2015. I paesi del campione sono: Australia, Austria, Belgio, Canada, Repubblica Ceca, Danimarca, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Paesi Bassi, Norvegia, Portogallo, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Svezia, Gran Bretagna e Stati Uniti. Per effettuare le regressioni sono stati utilizzati dati che prevedono l'osservazione di diverse variabili in più periodi di tempo. Tutti i dati sono stati estratti dal database presente sul sito dell'OCSE "*OECD.Stat*".

3.1.1 Variabili dipendenti

Le variabili dipendenti considerate descrivono il mercato del lavoro e fanno riferimento a due indici estratti dal database messo a disposizione dall'OCSE. Gli indicatori scelti sono i seguenti:

- I. *Tasso di disoccupazione (unrate)*: è il rapporto tra il numero di individui che sono in cerca di lavoro e non hanno attualmente un impiego e il totale della forza lavoro. È tra i principali indicatori di performance del mercato del lavoro e di congiuntura economica. Dal momento che solo chi è in cerca di lavoro è considerato disoccupato tutti coloro che non sono occupati e non stanno cercando un lavoro non rientrano nel calcolo. Nei periodi in cui l'economia rallenta si osserva da un lato un aumento della disoccupazione, dall'altro il tasso di disoccupazione potrebbe diminuire perché molti individui senza un impiego smettono di cercarne uno, rientrando così nella categoria dei "lavoratori scoraggiati". Le differenze tra i tassi medi di disoccupazione tra diverse nazioni suggerisce che vi siano delle differenze strutturali nel mercato del lavoro di ogni paese, che si riflettono nel livello medio di disoccupazione. Le osservazioni raccolte per questo indicatore fanno riferimento a un arco temporale che va dal 1995 al 2015, per 21 paesi, con un totale di 406 osservazioni.

II. *Tasso di disoccupazione giovanile (y_{unrate}):* è il rapporto tra la popolazione in una fascia di età compresa tra i 15 e i 24 anni in cerca di lavoro e la forza lavoro giovanile. Tendenzialmente il tasso di disoccupazione giovanile è più alto del tasso di disoccupazione aggregato poiché i giovani sono più inclini ad accettare impieghi provvisori e quindi entrano ed escono dalla forza lavoro più facilmente, tuttavia un tasso di disoccupazione giovanile molto alto può anche essere dovuto alle minori protezioni istituzionali che vengono fornite ai giovani appena entrati nel mercato del lavoro. È utile ricordare, inoltre, che i tassi di disoccupazione giovanile sono mediamente più alti nelle economie avanzate, nelle quali i giovani hanno meno bisogno di trovare un impiego essendo meno esposti al rischio di povertà. Le osservazioni si riferiscono a 27 paesi nel periodo compreso tra il 1995 e il 2015, con un totale di 411 osservazioni.

3.1.2 *Variabili indipendenti*

Le variabili indipendenti afferiscono alla misurazione dell'innovazione tecnologica e delle skills. Esse sono:

I. *Investimenti in ICT in percentuale di "gross fixed capital formation" (ict_{inv}):* Il termine ICT si riferisce sia alle diverse reti di comunicazione sia alle tecnologie utilizzate in esse. Gli investimenti ICT sono definiti come l'acquisizione di attrezzature e software per i computer che saranno utilizzati per la produzione per più di un anno (OCSE). Questo indicatore è misurato in percentuale della formazione lorda di capitale fisso, vale a dire gli investimenti. Il settore ICT contribuisce al progresso tecnologico, alla crescita della produttività e dell'output e per queste ragioni è stato scelto per misurare, con un certo grado di approssimazione, l'innovazione tecnologica. I dati nel database fanno riferimento a 21 paesi negli anni 1995-2015, con un totale di 321 osservazioni.

Dal grafico sottostante si evince che in alcuni paesi la quota di GFCF destinata agli investimenti ICT è rimasta sostanzialmente costante nel periodo di riferimento, come ad esempio in Italia o in Austria. In numerosi altri paesi, invece, la percentuale di investimenti ICT è cresciuta notevolmente.

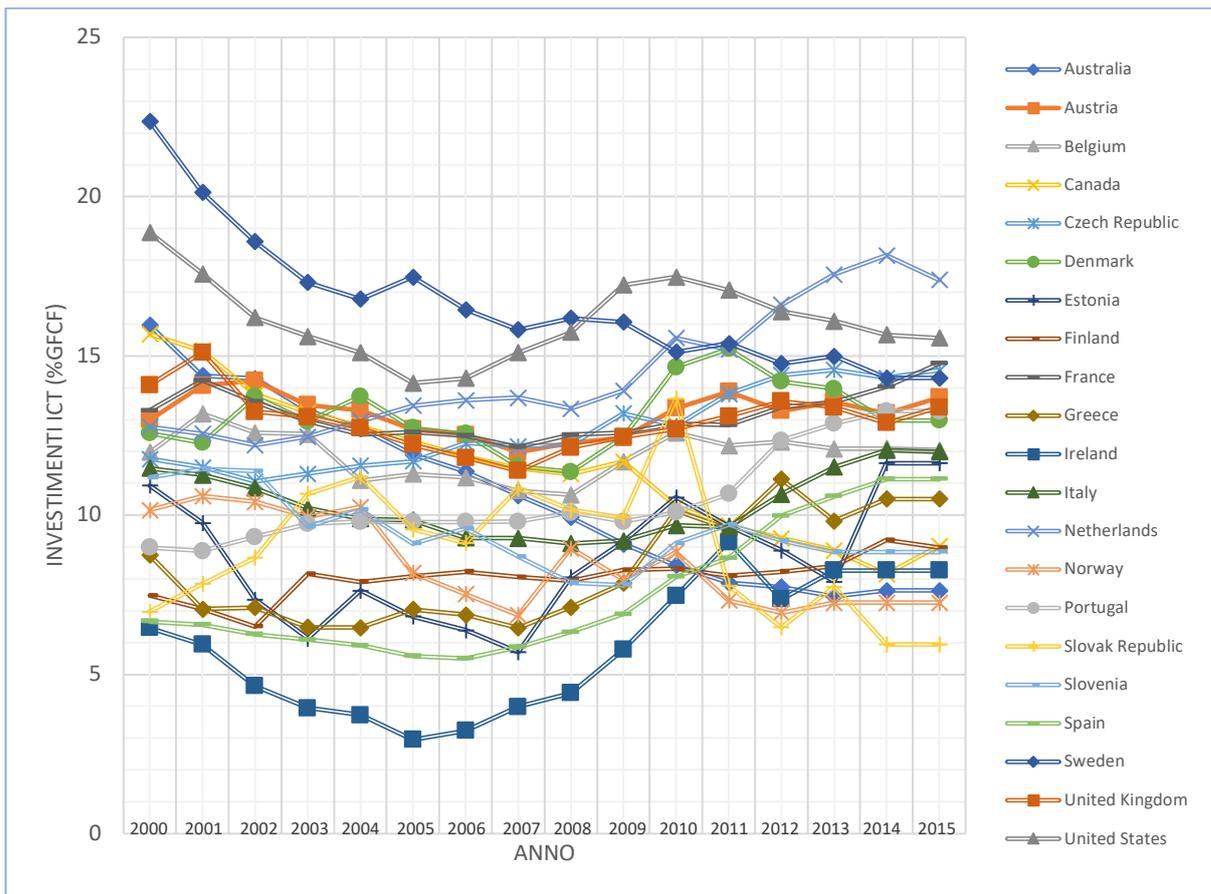


Figura 9 - Investimenti in ICT in percentuale di GFCF (2000-2015)

II. *Skills*: Per misurare il livello di skills della popolazione si fa riferimento a sette diversi indicatori estratti dal database presente sul sito dell'OCSE. Tre di questi afferiscono ai punteggi medi degli studenti in varie aree disciplinari calcolati sulla base della scala PISA. PISA è il programma dell'OCSE per la valutazione internazionale degli studenti. Il test misura la capacità degli studenti quindicenni di utilizzare la loro conoscenza in merito alla lettura, alla matematica e alle scienze per risolvere dei problemi di vita reale. L'abilità di leggere testi matematici e scientifici è importante per comprendere vari aspetti della società moderna che sono soggetti al progresso tecnologico. Questo indicatore è quindi una misura approssimativa della capacità che hanno gli studenti, coloro che formeranno la forza lavoro futura, di saper utilizzare le innovazioni tecnologiche. Il punteggio di ogni studente mostra il grado di difficoltà del compito che egli può probabilmente portare a termine. A ciascun compito PISA viene assegnato un punteggio su una scala che va da 0 a 1000. La scala è stata costruita in modo che la media è di 500 punti e circa i due terzi della distribuzione ricadono tra i 400 e i 600 punti. A partire dal 2000 i test PISA vengono ripetuti ogni 3 anni. In questa analisi si è scelto non tenere conto della dimensione temporale dei dati, si considera così la media dei punteggi per ogni paese nelle 7 osservazioni (dal 2000 al 2018) e si sono costruite le variabili

avg_math_m, *avg_read_m* e *avg_sci_m*. Altri indicatori sono relativi all'istruzione di terzo livello (universitaria). L'indicatore "*Tertiary level enrolment rate*" (*enrol_tert*) è il tasso di iscritti agli studi universitari; "*Share of tertiary graduates in STEM subjects*" (*sh_gr_stem*), invece, misura la percentuale di laureati nelle discipline scientifico-tecnologiche quali scienze, tecnologia, ingegneria e matematica; "*Educational attainment of employed persons; tertiary second stage (ISCED 6)*" (*high_skill*) si riferisce alla percentuale di occupati che hanno conseguito una laurea. L'ultimo indicatore scelto è "*Participation in education and training by adults (LFS)*" (*training*). Questo indicatore è calcolato nell'ambito del programma LFS (EU Labour Force Survey) e misura la partecipazione degli individui tra i 25 e i 64 anni in programmi di educazione e training in percentuale della popolazione nella stessa fascia di età. Permette di quantificare il grado di l'apprendimento permanente e l'offerta di skills aggiuntive della forza lavoro.

Per tutti i suddetti indicatori è stata calcolata la media per ogni paese, permettendo così un confronto internazionale. I valori medi per paese per ognuno degli indicatori sono riportati nella tabella 1.

Country	avg_math	avg_read	avg_sci	enrol_tert	sh_gr_stem	training	high_skill
Australia	507,99	514,12	517,72	73,84	19,15	.	0,87
Austria	501,37	486,01	499,15	55,82	28,60	11,16	2,01
Belgium	515,75	503,00	504,52	62,20	17,20	6,28	0,65
Canada	522,01	526,19	526,86	71,37	21,12	.	8,85
Czech Republic	501,65	487,34	502,26	43,04	23,05	7,44	0,55
Denmark	508,52	496,52	497,66	68,05	19,79	25,26	0,51
Estonia	518,03	512,03	532,99	61,35	19,29	8,17	0,45
Finland	528,38	534,74	543,08	86,42	28,77	20,97	1,01
France	497,74	497,38	496,07	54,86	27,26	5,87	0,78
Greece	454,70	470,03	463,34	72,34	26,44	1,99	0,42
Ireland	499,38	516,74	507,40	54,94	27,60	6,38	0,64
Italy	478,65	481,22	481,27	56,39	21,92	5,52	0,35
Netherlands	524,80	504,54	516,22	57,33	15,08	15,59	0,59
Norway	495,84	501,30	493,96	70,99	16,27	17,42	2,44
Portugal	481,71	483,86	489,86	54,85	23,80	5,25	1,20
Slovak Republic	488,34	464,37	474,94	38,67	22,49	3,92	0,26
Slovenia	505,18	491,87	512,92	67,68	19,78	13,50	1,88
Spain	483,35	483,08	489,83	65,57	25,82	7,62	0,64
Sweden	496,70	503,52	495,22	68,10	27,39	22,91	1,14
United Kingdom	497,38	502,99	511,30	57,94	23,56	20,96	1,02
United States	478,98	499,88	497,39	81,29	16,46	.	.

Tabella 1- Livello skills medio per paese

3.2 Il modello empirico

Il modello econometrico sviluppato per verificare gli effetti dell'innovazione tecnologica sul mercato del lavoro, considerando le skills della popolazione, è il seguente:

$$(i) \quad Y_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \text{ict_inv}_{i,t} + \beta_2 \text{skills}_{i,t} + \beta_3 \text{ict_inv}_{i,t} \text{skills}_{i,t} + c_i + t + e_{i,t}$$

Le due dimensioni i e t rappresentano rispettivamente la dimensione *country* e *year*.

Le regressioni, tuttavia, potrebbero essere influenzate da alcuni fattori esogeni caratteristici di ogni paese e ogni periodo non considerati dalle variabili dipendenti e indipendenti. Questi fattori sono i *country fixed effects* e i *time fixed effects* e sono determinati, ad esempio, dalle fasi del ciclo economico, dalle caratteristiche istituzionali e dai fattori tipici del mercato del lavoro di ogni paese. Per queste ragioni nel modello sono stati inseriti dei termini di errore $c_i, t, e_{i,t}$. In particolare, c_i controlla gli effetti fissi paese, t cattura degli shock comuni a tutti i paesi dovuti ad esempio alle fasi recessive o espansive del ciclo economico, e infine $e_{i,t}$ rappresenta l'errore standard. c_i e t sono variabili dummy, o binarie, che assumono valore uno o zero per ciascun paese e ciascun anno a seconda che si identifichi o meno un determinato paese o un determinato anno.

In queste equazioni $Y_{i,t}$ rappresenta le variabili dipendenti, quelle attinenti al mercato del lavoro quali il tasso di disoccupazione e il tasso di disoccupazione giovanile. Il parametro β_0 è ignoto e non viene

stimato. Le variabili ict_inv e $skills$ sono le due variabili indipendenti che stimano rispettivamente gli investimenti in ICT e il livello di skills, misurato con gli indicatori illustrati nel paragrafo 3.1.2. Il coefficiente β_1 verrà stimato tramite analisi di regressione e rappresenta l'effetto che la variabile ict_inv ha sulle variabili del mercato del lavoro.

Le variabili avg_math_m , avg_read_m e avg_sci_m hanno solo la dimensione $country$ per costruzione e sono costanti per ogni paese, per cui il valore β_2 non ha alcun significato in quanto l'effetto del punteggio medio in mathematics, reading e science è già considerato dalla variabile dummy c_i . Per via di questo problema di collinearità il modello descritto dalla equazione (i), quando si effettua la regressione utilizzando questi indicatori come misura di skills, diventa:

$$(ii) \quad Y_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 ict_inv_{i,t} + \beta_3 ict_inv_{i,t} skills_i + c_i + t + e_{i,t}$$

Ai fini di questa analisi, è interessante andare a misurare anche in che modo e con quale intensità le skills della popolazione possono influenzare il rapporto tra innovazione e lavoro. Questa relazione nel modello è data da:

$$(iii) \quad \frac{\delta Y_{i,t}}{\delta ict_inv_{i,t}} = \beta_1 + \beta_3 skills_{i,t}$$

β_3 è il coefficiente delle due variabili indipendenti interagite, ed è la misura dell'effetto delle skills sulla relazione tra investimenti ICT e le variabili del mercato del lavoro, stimata tramite analisi di regressione.

Una prima analisi ci consente di verificare che effetto ha il progresso tecnologico, quantificato in termini di investimenti in ICT, sul mercato del lavoro. Questa relazione è di tipo lineare e può essere rappresentata da una retta la cui inclinazione è data dal parametro β_1 .

È interessante sottolineare che β_1 , in questa analisi, è maggiore di zero, indicando una correlazione positiva tra gli investimenti ICT e le variabili che esprimono rispettivamente il tasso di disoccupazione e la disoccupazione giovanile. Da ciò ne deriva che l'effetto diretto del progresso tecnologico sul mercato del lavoro è negativo: una maggiore quota di investimenti destinati alle tecnologie ICT comporta una maggiore disoccupazione.

3.3 Analisi di regressione e risultati

In questo paragrafo sono esposti i risultati derivanti dalla analisi di regressione e si commentano i coefficienti stimati β_1 e β_3 . Prima si analizza la relazione tra tasso di disoccupazione in presenza di un determinato livello di skills della forza lavoro, in seguito si utilizza come variabile dipendente la disoccupazione giovanile. Una volta stimati i coefficienti di correlazione, un'attenzione particolare è rivolta alla loro significatività, misurata dal p-value. In questo elaborato un test viene considerato significativo se il p-value è minore di 0.010, che corrisponde a una significatività del 90%.

In tutto sono state svolte quattordici analisi di regressione.

Nelle prime sette analisi è stato utilizzato come variabile dipendente l'indicatore *unrate*. Nella tabella 2 sono riportati i risultati. Le colonne (1), (2) e (3) presentano i risultati ottenuti dalle regressioni del tasso di disoccupazione, gli investimenti ICT e il punteggio medio nelle tre aree disciplinari del test PISA. Il coefficiente β_1 è positivo, e statisticamente significativo in tutte e tre le regressioni mettendo in luce una correlazione positiva tra innovazione e disoccupazione. β_3 è negativo e significativo, indicando un effetto positivo delle skills sul mercato del lavoro. La colonna (6) della tabella illustra i risultati della regressione effettuata considerando come misura di skills la variabile *training*. Anche in questo caso il coefficiente β_1 è positivo e significativo, e β_3 è negativo e significativo. Infine, nelle colonne (4) e (5) e (7) sono specificati i risultati delle regressioni svolte utilizzando rispettivamente gli indicatori di skills “*Tertiary level enrolment rate*”, “*Share of tertiary graduates in STEM subjects*” e “*Educational attainment of employed persons; tertiary second stage (ISCED 6)*”.

In particolare, in questa analisi, le variabili *avg_math_m* e *training* hanno un effetto più ampio sul mercato del lavoro, rispetto agli altri indicatori di skills. Questi risultati mostrano che sia l'efficienza del sistema scolastico nel fornire agli studenti le competenze matematiche e scientifiche sia la partecipazione in programmi di formazione contribuiscono in misura maggiore a mitigare l'aumento del tasso di disoccupazione dovuto all'innovazione.

Variabile dip. <i>unrate</i>							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Skills	<i>avg_math_m</i>	<i>avg_read_m</i>	<i>avg_sci_m</i>	<i>enrol_tert</i>	<i>sh_gr_stem</i>	<i>training</i>	<i>high_skill</i>
ict_inv	18,48 (3,661)***	9,489 (4,479)**	11,555 (4,144)***	0,562 0,546	0,339 0,362	1,549 (0,242)***	0,715 (0,221)***
skills				-0,025 0,076	-0,165 0,22	0,748 (0,178)***	-0,26 0,943
ict_inv x skills	-0,036 (0,007)***	-0,018 (0,009)**	-0,022 (0,008)***	0,002 0,007	0,01 0,018	-0,063 (0,014)***	0,052 0,095
FE paese	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>
FE anno	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>
r2	0,783	0,748	0,757	0,752	0,758	0,777	0,739
N	306	306	306	273	244	258	253

Nota: ***significativo 1%, **significativo 5%, *significativo 10%.
Standard error in parentesi.

Tabella 2- Risultati regressione tasso di disoccupazione e skills

Lo studio appena effettuato è stato ripetuto sull'indicatore y_{unrate} , che si riferisce al tasso di disoccupazione giovanile. I risultati ottenuti sono esposti nella tabella 3. Come si evince dalle colonne (1), (2) e (3), anche per quanto riguarda la disoccupazione giovanile il coefficiente β_1 è positivo e statisticamente significativo al 99%. Lo stesso risultato si può osservare nelle colonne (6) e (7). Se si svolgono le regressioni utilizzando come variabili indipendenti per le skills $enrol_tert$ e sh_gr_stem , β_1 è ancora una volta positivo, ma statisticamente non significativo (colonne (4) e (5)).

Il coefficiente di correlazione tra investimenti ICT e mercato del lavoro è tendenzialmente più alto rispetto all'analisi svolta in precedenza, pertanto l'effetto negativo del progresso tecnologico sul mercato del lavoro risulta amplificato per i giovani.

Guardando alle colonne (1), (2), (3) e (6) si nota che β_3 è negativo e statisticamente significativo. Inoltre, le variabili che incidono maggiormente sul mercato del lavoro sono, anche in questo caso, il punteggio medio in mathematics e la percentuale di adulti che partecipano a programmi di training. Quindi, coerentemente con quanto previsto dalla *research question* un livello di skills più elevato della popolazione riduce il rischio di disoccupazione tecnologica.

Variabile dip. y_{unrate}							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Skills	<i>avg_math_m</i>	<i>avg_read_m</i>	<i>avg_sci_m</i>	<i>enrol_tert</i>	<i>sh_gr_stem</i>	<i>training</i>	<i>high_skill</i>
ict_inv	37,742 (6,215)***	19,122 (7,699)***	23,021 (7,257)***	1,1 1,059	1,187 0,78	2,865 (0,473)***	0,996 (0,453)**
skills				-0,03 0,146	-0,253 0,48	1,47 (0,391)***	-1,833 1,768
ict_inv x skills	-0,073 (0,012)***	-0,036 (0,015)**	-0,043 (0,014)***	0,001 0,013	-0,01 0,04	-0,132 (0,03)***	0,277 0,181
FE paese	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>
FE anno	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>
r2	0,811	0,781	0,788	0,768	0,772	0,795	0,763
N	311	311	311	275	244	258	255

Nota: ***significativo 1%, **significativo 5%, *significativo 10%.
Standard error in parentesi.

Tabella 3- Risultati regressione tasso di disoccupazione giovanile e skills

L'aumento degli investimenti ICT sembra avere un impatto negativo sul lavoro, facendo aumentare la disoccupazione. La sostituzione dei lavoratori, sulla base dei risultati, è inevitabile ed è una fase

del progresso tecnologico, soprattutto quando pochi lavoratori possiedono le competenze necessarie per l'adozione completa della tecnologia, accentuando il fenomeno di disoccupazione tecnologica. Senza riforme è probabile che in futuro il mercato del lavoro sia sempre più diseguale e che la paura dell'automazione possa provocare inazione da parte dei governi. L'analisi svolta dimostra che il livello di specializzazione e di abilità della popolazione influenza il modo in cui le nuove tecnologie impattano sul lavoro. Pertanto, si dovrebbe perseguire l'obiettivo di riqualificare i disoccupati e formare le nuove generazioni, fornendo delle competenze effettivamente spendibili sul mercato del lavoro attuale.

Conclusioni

In questo elaborato si è cercato di analizzare il modo in cui l'innovazione influenza il mercato del lavoro, considerando le skills della popolazione. I dati estrapolati per condurre l'analisi empirica si riferiscono a 21 delle economie avanzate appartenenti all'OCSE, nell'ultimo ventennio. L'ipotesi testata è quella di una correlazione negativa tra disoccupazione e skills se vi è una fase di automazione e robotizzazione dei processi produttivi, coerentemente con gli studi citati nella prima parte di questa tesi.

I risultati, che sono coerenti con l'ipotesi formulata, dimostrano che l'innovazione tecnologica e i tassi di disoccupazione sono correlati positivamente, tuttavia, il coefficiente di correlazione si riduce all'aumentare delle skills della popolazione. L'effetto finale sul mercato del lavoro è negativo, ma è minore nel caso in cui la popolazione possiede un livello di competenze più alto.

Quanto fin ora esposto offre vari spunti di riflessione. In primis, da questa analisi risulta che l'automazione ha un impatto negativo sui tassi occupazionali. Questo risultato, ad ogni modo, non fornisce una prova conclusiva della relazione tra innovazione e lavoro in quanto tiene conto solo degli effetti diretti. Il quadro è molto più complesso se si considerano gli effetti indiretti del progresso tecnologico come, ad esempio, l'aumento della produttività, la diminuzione dei prezzi o altri ancora, esposti nel secondo capitolo di questa tesi. In secondo luogo, un alto livello di skills da parte della forza lavoro riduce il problema della disoccupazione tecnologica. Secondo le ipotesi di "Skill Biased Technological Change" se vi è un numero basso di lavoratori qualificati la diffusione delle innovazioni e il raggiungimento del pieno impiego sono limitati, in linea con i risultati ottenuti dalle analisi di regressione. L'implicazione di policy appare chiara: in una società che investe sempre di più sulle nuove tecnologie e sull'automazione, è importante che la forza lavoro sia in grado di ricoprire nuovi ruoli e svolgere nuovi mestieri e ciò è possibile fornendo agli individui la possibilità di acquisire nuove competenze. Questo obiettivo dovrebbe essere condiviso sia dal sistema scolastico (scuole superiori e università) sia dalle aziende attraverso appropriati programmi di training per reinserire nel mercato del lavoro coloro le cui skills sono obsolete.

Un altro aspetto rilevante è che i giovani sono più esposti al rischio di disoccupazione tecnologica. Va ricordato che i tassi di disoccupazione giovanili tendono ad essere più alti dei tassi di disoccupazione aggregati per delle caratteristiche comuni a tutti i paesi. Il rischio di automazione, inoltre, potrebbe essere più alto all'inizio dell'età lavorativa poiché tendenzialmente i giovani sono impiegati in professioni elementari, che sono anche quelle maggiormente esposte al rischio di sostituzione tecnologica. Un'ulteriore spiegazione risiede nella alta disparità tra le capacità tecniche che i giovani acquisiscono e le esigenze del mercato del lavoro. Molti lavori che richiedono una bassa qualificazione sono andati persi negli ultimi anni e, secondo le ricerche recenti, questa tendenza si

accentuerà in futuro. Allo stesso tempo i flussi di istruzione secondaria superiore e la partecipazione ai programmi di formazione presentano alti tassi di abbandono. Sulla base dei dati dell'Eurostat nel 2018 la media europea del tasso di abbandono scolastico è del 10.6%, quella italiana si attesta al 14.5%, con un'incidenza maggiore nel Mezzogiorno. Il livello di istruzione influenza fortemente la disoccupazione giovanile, per questo è necessaria una maggiore attenzione ai sistemi scolastici per implementare politiche che, da un lato, prevengano l'abbandono scolastico, e dall'altro migliorino la transizione scuola-lavoro.

Bibliografia

Acemoglu D., Restrepo P., *Artificial Intelligence, Automation and Work*, No. 24196, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, 2018

Arntz M., Gregory t., Zierahn U., *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis*, OECD Social Employment and Migration Working Papers No. 189, OECD Publishing, Parigi, 2016

Autor D., Levy F., Murnane R., *The skill content of recent techonological change: an empirical exploration*, Quarterly Journal of Economics, Volume 118, Issue 4, Oxford University Press, Oxford, 2003, pp. 1279-1333

Baldwin R., *Globalisation, automation and the history of work: Looking back to understand the future*, in “voxeu.org”, 31 Gennaio 2019

Blanchard O., Amighini A., Francesco G., *Macroeconomia*, Società editrice Il Mulino, Bologna, 2016

Bureau of Labor Statistics, *Occupational Employment Statistics*, in “<https://www.bls.gov/oes/>”, riportati il 13 Maggio 2017

Cedefop, *Future skill needs in Europe: critical labour force trends*, Luxembourg: Publications Office. Cedefop research paper; No 59, Lussemburgo, 2016

Cefis A., *Come incide l'innovazione tecnologica sul futuro del lavoro?. Analisi del Report TECHNOLOGY AT WORK. The future of Innovation and Employment*, in ADAPT “Nòva, Il sole 24 ore”, 2 aprile 2015

Dagnino E., *Occupazione e progresso tecnologico nel mondo del lavoro del XXI secolo: tra sostituzione, creazione, localizzazione e forme*, in ADAPT “Nòva, Il sole 24 ore”, 15 marzo 2015

Deloitte, *Technology, Media and Telecommunications Predictions*, XIX edizione, Deloitte Development LCC, 2019

Ebaidalla M., *Do ICTs Reduce Youth Unemployment in MENA Countries?*, A paper prepared for MEEA's Fifteenth International Annual Conference on March 23-25, 2016, Doha, Qatar,

Frey C., Osborne M., *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?*, Oxford Martin Programme on Technology and Employment, Oxford, 2017

Handel M. J., *Trends in job skill demands in OECD countries*, OECD Employment and Migration Working Papers No.143, OECD Publishing, Parigi, 2012

Keynes J.M., *Economic possibilities for our grandchildren (1930)*, Essays in Persuasion, New York: W.W.Norton & Co., 1963, pp. 358-373

ILO, *Key Indicators of the Labour Market*, Ninth edition, International Labour Office, Ginevra, 2016

Marx K., *Capital. Volume I*, Progress Publishers, Moscow, URSS, 1961, Prima Pubblicazione Germania 1867, Prima pubblicazione in lingua inglese tradotta da Samuel Moore, Edward Aveling, Frederick Engels 1887, pp. 293-298

Nedelkoska L., Quintini G., *Automation, skills use and training*, OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 202, OECD Publishing, Parigi, 2018

OECD, *The Survey of Adult Skills: Reader's Companion, Second Edition*, OECD Skills Studies, OECD Publishing, Parigi 2016

OECD, *Employment Outlook*, OECD Publishing, Parigi, 2017

OECD, *Employment Outlook*, OECD Publishing, Parigi, 2019

Pasinetti L., *Structural Change and Economic Growth — A Theoretical Essay on the Dynamics of Nations*, Cambridge University Press, Cambridge, 1981, pp. 88-90

Quintini G., *Skills at work: How skills and their use matter in the labour market*, OECD Social Employment and Migration working papers, No. 158, OECD Publishing, Parigi, 2014

Schumpeter J.A., *History of Economic Analysis*, trad. it., *Storia dell'analisi economica*, Einaudi, Torino, 1959, pp. 90

UNESCO Institute for Statistic, come riportato in World Bank, *World Development Indicators 2017*, Washington, DC, World Bank, License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO

Varian H.R., *Microeconomia*, settima edizione, Libreria Editrice Cafoscarina, Venezia, 2011

Vivarelli M., *Technical change and employment: a twofold critique*, Paper prepared for the TSER conference on Technology, Economic Integration and Social Cohesion, Parigi, November 22-23, 1996

Vivarelli M., *Innovation and Employment: A Survey*, IZA Discussion paper No. 2621, University of Bonn, Germania, 2007

Vivarelli M., *Innovation, Employment and Skills in Advanced and Developing Countries: A Survey of the Literature*, IZA Discussion paper No. 2691, University of Bonn, Germania, 2012

www.treccani.it/enciclopedia/

<https://stats.oecd.org/>

<https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>