



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI
"M.FANNO"

CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA

PROVA FINALE

L'IMPATTO DELL'INNOVAZIONE TECNOLOGICA
SULL'OCCUPAZIONE

RELATORE:

CH.MO PROF. Rebba Vincenzo

LAUREANDO: Ricciardelli Riccardo

MATRICOLA N. 1119287

ANNO ACCADEMICO 2017 – 2018

Indice

Introduzione	
1. I timori generati dal progresso tecnologico in passato	1
1.1 L'impatto sui lavoratori.....	1
1.2 Le preoccupazioni degli economisti.....	3
2. Cos'è diverso oggi.....	7
2.1 Perché le paure del passato non si sono avverate.....	7
2.2 Il progresso tecnologico oggi	9
2.2.1 Il progresso hardware	9
2.2.2 Il progresso software	11
2.3 Il report del Mckinsey Global Institute	12
2.3.1 Il potenziale di automazione globale.....	13
2.3.2 La velocità di adozione delle tecnologie di automazione.....	17
2.4 Il mercato del lavoro e la Beveridge curve.....	20
3. Possibili scenari futuri.....	25
3.1 Nuovi posti di lavoro.....	25
3.2 La sostituzione delle vecchie occupazioni	27
3.3 Automazione: complementarità o sostituzione?.....	32
3.4 Risposte di policy	34
3.4.1 Possibili strategie degli Stati Uniti	35
3.4.2 Tassare i robot e la shared economy	36
Conclusione.....	41
Bibliografia	42

Introduzione

Le preoccupazioni riguardanti il rapporto fra il progresso tecnologico e il benessere economico prendono principalmente tre forme. La prima, principale oggetto di interesse di questa tesi, è la paura che il progresso tecnologico possa portare ad una sostituzione ingente del lavoro con le macchine (o, più in generale, il capitale). Anche assumendo un impatto positivo di questa sostituzione nel lungo periodo, nel breve-medio periodo aumenterebbe in modo sostanziale la disoccupazione e di conseguenza l'iniquità nella distribuzione della ricchezza. Le evidenze empiriche che suggeriscono la possibilità di questa sostituzione verranno esplorate nei capitoli che seguono. La seconda preoccupazione ha a che fare con un lato puramente antropologico del lavoro. “L’Italia è una Repubblica democratica, fondata sul lavoro. La sovranità appartiene al popolo, che la esercita nelle forme e nei limiti della Costituzione”, la prima frase della nostra Costituzione ci fa intendere come il lavoro sia per l’uomo fonte di dignità. Molte teorie economiche si basano sull’assioma che il tempo libero sia un bene ed il lavoro un male, gli economisti dovrebbero quindi trovare il modo di riconoscere la soddisfazione umana che si genera quando si fa una contribuzione. Non tutti ritengono che il lavoro sia un elemento necessario per dare uno scopo alla vita umana. Keynes (1930) per esempio sosteneva che gli uomini avrebbero fatto volentieri a meno del “sudore della fronte”. Infine, l’ultima preoccupazione sembra andare in una direzione completamente opposta, suggerendo che l’epoca dei grandi cambiamenti tecnologici è finita. Alcuni pessimisti, come Gordon (2012), sostengono che la crescita economica e produttiva rischia di essere troppo lenta a causa di un progresso tecnologico incapace di fare i conti con un’eccessiva crescita della popolazione.

1. I timori generati dal progresso tecnologico in passato

Il progresso tecnologico ha avuto un profondo impatto sullo sviluppo sociale, politico ed economico dell'uomo. In particolare, sebbene sia ovvio che la tecnologia influisca sullo sviluppo economico, il rapporto esatto tra l'una e l'altra è ancora dibattuto fra gli economisti. Che venga inserita in un modello macroeconomico di crescita o in una funzione produttiva, la tecnologia ha generalmente un impatto positivo sulle variabili considerate (tenore di vita, output, etc.). Nell'ultimo periodo però, sono (ri)sorte grandi preoccupazioni circa l'impatto dell'automazione e della meccanizzazione sull'occupazione, la quota dei salari nel PIL e molti altri processi economici.

1.1 L'impatto sui lavoratori

I progressi tecnologici hanno storicamente avuto impatti molto eterogenei sul mercato del lavoro. Talvolta l'aumento della produttività dovuto all'applicazione di nuove tecnologie ha aiutato lavoratori poco istruiti, mentre in altre occasioni ha favorito gli individui con un alto livello di istruzione (Acemoglu e Autor, 2011). Per illustrare la diversità degli impatti potenziali e fornire un punto di riferimento affinché si possa comprendere la situazione dei nostri giorni, questo paragrafo illustra esempi storici di come le innovazioni hanno influenzato i lavoratori in modi diversi.

Il XVIII secolo è stato caratterizzato da un cambiamento tecnologico che ha aumentato la produttività dei lavoratori meno qualificati e ha ridotto la produttività relativa di alcuni lavoratori più qualificati (Hounshell, 1985). Questo tipo di innovazione è stato definito "unskill-biased technical change". Durante la prima Rivoluzione Industriale infatti, artigiani altamente qualificati, che operavano la trasformazione dei loro prodotti, dall'acquisto delle materie prime alla vendita al dettaglio, vedevano minacciato il proprio lavoro a causa dell'avvento di tecnologie di produzione di massa che utilizzavano linee di assemblaggio con pezzi intercambiabili e manodopera meno qualificata. Alcuni tessitori inglesi reagirono partecipando alle rivolte luddiste dei primi anni del 1800, distruggendo telai e macchinari che minacciavano di pregiudicare il loro lavoro altamente qualificato favorendo una manodopera scarsamente qualificata. La paura dei manifestanti si è effettivamente avverata, e molti

artigiani qualificati sono stati sostituiti dalla combinazione di macchine e manodopera low-skill. Il progresso tecnologico conosciuto durante la prima Rivoluzione Industriale ha quindi creato nuove opportunità per i lavoratori meno qualificati e aumentato la produttività di questi ultimi. Di conseguenza, il tenore di vita medio è aumentato, ma alcuni lavoratori altamente qualificati non avevano più lo stesso valore sul mercato del lavoro.

Verso la fine del XX secolo il progresso tecnologico ha invertito tendenza. Se la prima Rivoluzione Industriale aveva favorito i lavoratori non qualificati, l'avvento dei computer e di Internet ha contribuito invece ad aumentare la produttività relativa dei lavoratori più qualificati, causando un cosiddetto "skill-biased technical change". I lavoratori che svolgevano mansioni altamente routinarie incentrate su attività prevedibili e facilmente programmabili, quali operatori di centralini, addetti all'archiviazione, agenti di viaggio e lavoratori in catena di montaggio, sono stati particolarmente vulnerabili alla sostituzione con le nuove tecnologie (Autor et al., 2003). In questo periodo infatti la domanda di lavoratori poco istruiti si è ridotta e addirittura alcune attività lavorative che richiedevano una bassa specializzazione sono scomparse; le conseguenze di questo cambiamento sono permanenti, ancora oggi infatti vi è una richiesta di lavoratori non specializzati molto bassa (Jaimovich e Siu, 2012). L'innovazione tecnologica avvenuta al termine dello scorso secolo ha aumentato la produttività dei lavoratori impegnati nell'attività creativa, nel pensiero astratto e nel problem solving; pertanto, è in parte responsabile della crescita sostanziale dei posti di lavoro che impiegano tali tratti. Autor et al. (2003) stimano che circa il 60 per cento dello spostamento relativo di domanda, dal 1970 a 1998, verso i lavoratori con istruzione universitaria, può essere attribuito alla riduzione dell'input di lavoro necessario per i compiti manuali routinari e l'aumento dell'input di lavoro richiesto per compiti cognitivi non routinari. È importante notare però anche l'altra faccia della medaglia di questa rivoluzione tecnologica, infatti, dato che i lavoratori altamente istruiti erano già maggiormente compensati, lo spostamento della domanda verso il lavoro high-skill e l'aumento della loro relativa retribuzione hanno contribuito all'aumento delle disuguaglianze di reddito.

1.2 Le preoccupazioni degli economisti

Gli economisti iniziarono a porsi il problema di un possibile effetto negativo della tecnologia sull'occupazione a partire dal XVIII secolo, durante la prima Rivoluzione Industriale. Il dibattito nacque attorno sia agli effetti nel breve periodo del progresso tecnologico sulla classe dei lavoratori sia alle conseguenze di un aumento della produttività nel lungo periodo. La preoccupazione principale a quel tempo era che l'innovazione avrebbe portato ad un'occupazione ed a dei salari più bassi nel breve periodo, senza generare sufficienti benefici nel lungo. Gli economisti più importanti del tempo avevano opinioni contrastanti sul tema.

Sir James Steuart (1767), disapprovava il progresso della tecnologia solamente nel caso questa avesse potuto costringere un uomo ad essere inattivo, incapace di guadagnare in nessun altro modo se non tramite il suo attuale impiego. Secondo l'economista comunque la diminuzione dell'occupazione, dovuta all'introduzione di una nuova soluzione tecnologica, si verifica esclusivamente nei casi in cui essa venga introdotta in modo improvviso all'interno del sistema e anche in questo caso, l'aumento della disoccupazione strutturale sarebbe temporaneo, mentre i vantaggi di una maggiore produttività sarebbero permanenti. Pertanto, i benefici nel lungo periodo sono senz'altro abbastanza alti da giustificare una diminuzione dell'occupazione nel breve periodo. Adam Smith (1776) non sembrava preoccuparsi come Steuart del rimpiazzamento di alcuni lavoratori in seguito all'introduzione di una nuova soluzione tecnologica, ciò che lo intimoriva erano le condizioni in cui i lavoratori sarebbero stati costretti a lavorare a seguito di questa. David Ricardo (1821), sebbene in un primo momento sostenesse che l'applicazione di macchinari nell'apparato produttivo fosse generalmente positiva indipendentemente da conseguenze nel breve periodo, nella terza edizione di "Principles of Political Economy" cambiò opinione, sostenendo che la sostituzione del lavoro umano con la macchina è motivo di pregiudizio ingiusto verso gli interessi dei lavoratori. Ricardo non riteneva che la disoccupazione tecnologica fosse il risultato necessario del progresso tecnologico in un settore specifico; tuttavia, a causa della sua teoria del "fondo salariale", in base alla quale i capitali spesi per l'acquisto dei macchinari devono necessariamente essere prelevati dai fondi disponibili per pagare i lavoratori, l'occupazione potrebbe essere ridotta a seguito di investimenti nell'implementazione delle nuove tecnologie. Ricardo riteneva che questo effetto di spiazzamento fosse una conseguenza temporanea e che, nel lungo periodo, una maggiore produttività avrebbe portato ad un aumento del risparmio, consumo e, successivamente, ad un aumento della domanda di lavoro. Pertanto, anche lui riteneva che i benefici nel lungo periodo giustificassero l'aumento di disoccupazione nel breve.

Durante la Grande Depressione nacquero i primi modelli di stagnazione secolare, in particolare Alvin Hansen (1938), ispirandosi ai concetti macroeconomici di John Maynard Keynes, spiegava come la crescita economica si fosse fermata a causa dell'aumento della popolazione e all'esaurimento dell'innovazione tecnologica. Keynes (1930) entrò a far parte del dibattito offrendo delle considerazioni sul futuro della tecnologia e occupazione nel suo saggio "Economic Possibilities for our Grandchildren". In quest'opera utilizzò per la prima volta il concetto di "disoccupazione tecnologica" definendola come la disoccupazione di tipo strutturale che avviene quando "la nostra scoperta di mezzi per risparmiare l'uso del lavoro supera il ritmo con cui riusciamo a trovare nuovi impieghi per il lavoro" (Keynes, 1930). Keynes rimase comunque ottimista circa il futuro nonostante la "nuova malattia", nello stesso saggio infatti scriveva: "Quello di cui soffriamo non sono acciacchi della vecchiaia, ma disturbi di una crescita fatta di mutamenti troppo rapidi, e dolori di riassetto da un periodo economico a un altro. L'efficienza tecnica è andata intensificandosi con ritmo più rapido di quello con cui riusciamo a risolvere il problema dell'assorbimento della manodopera". In un passaggio successivo Keynes scrive di un lontano orizzonte tecnologico, dove "per la prima volta dalla sua creazione l'uomo dovrà confrontarsi con il suo reale, permanente problema - come usare la sua libertà da pressanti preoccupazioni economiche, come occupare il tempo libero, quale scienza e composto avrà vinto il suo interesse, per vivere saggiamente e convenevolmente e bene". Citando poi il mito del peccato originale nella Genesi e la condanna al dover lavorare "con il sudore della fronte" aggiunge: "Per molte secoli a venire il vecchio Adamo sarà così forte in noi che tutti dovranno lavorare per essere soddisfatti. Dovremmo fare più cose per noi stessi di quanto fanno i ricchi di oggi, fin troppo felici di avere piccoli problemi e compiti e routine. Turni di tre ore o una settimana di quindici ore possono rimandare il problema per molto tempo. Già tre ore al giorno è sufficiente a soddisfare il vecchio Adamo nella maggior parte di noi!".

Charles Frederick Roos (1934) riteneva che finché vengono fatti nuovi investimenti, le riduzioni dei costi legate ai licenziamenti di lavoratori extra (perché sostituibili) hanno un effetto positivo sull'economia. Da questo spostamento marginale, il lavoro viene rilasciato per essere utilizzato in altre attività produttive e quindi è inevitabile un miglioramento degli standard di vita. La macchina, secondo Roos, libera semplicemente il lavoro umano affinché venga utilizzato in modo più produttivo in un'attività per la quale non è stata ancora inventata una macchina. Inoltre, Roos spiega perché secondo lui il problema della disoccupazione tecnologica riaffiori nei momenti di depressione economica: quando i profitti diminuiscono, l'imprenditore va inevitabilmente ad esaminare i suoi costi per cercare di ridurli. Dato che il

costo del lavoro è il più flessibile fra i fattori produttivi è quello che viene esaminato per primo e, se possibile, sostituito con altri meno costosi e più efficienti. Da qui, secondo Roos, nasce la grande preoccupazione della disoccupazione tecnologica che l'autore ritiene sia espressa in modo immaturo da molti dei suoi contemporanei.

Nonostante il timore espresso dalla letteratura nei confronti della disoccupazione tecnologica, ci sono prove che al tempo della Rivoluzione Industriale la situazione fosse ritenuta meno grave di come si crede oggi (si veda Mokyr et al.,2015). Inoltre, la storia ci insegna, che l'introduzione di nuove tecnologie in passato ha portato a nuove forme di lavoro, anche nei casi in cui i cambiamenti nelle attività svolte sono stati molto rilevanti. Questo è avvenuto perché la meccanizzazione di inizio Ottocento poteva sostituire solamente un numero limitato di attività svolte dall'uomo. Allo stesso tempo, il progresso tecnologico aumentava la domanda di meccanici per riparare le macchine, supervisori delle nuove catene di montaggio e contabili per gestire aziende che iniziarono ad operare su scale sempre più ampie. Inoltre, il progresso tecnologico permise una nuova forma di crescita: l'innovazione del prodotto, e così facendo creò interi nuovi settori dell'economia, uno sviluppo che non fu previsto dagli economisti del tempo. I figli dei disoccupati tessitori di telai a mano non solo ebbero la possibilità di lavorare nelle cotonerie che usavano intensivamente le macchine; poterono anche diventare ingegneri istruiti e operatori telegrafici. Gli economisti del diciannovesimo secolo fallirono nel predire nuove categorie lavorative come l'esperto di sicurezza informatica, il web designer o il fashion blogger.

È interessante notare come, fatta eccezione il Marxismo, verso la fine del XIX secolo, il dibattito su il trattamento e la retribuzione dei lavoratori a seguito dell'implementazione di nuove tecnologie sia quasi sparito dalla politica economica classica, per poi ritornare, come previsto da Roos, in periodi di crisi o comunque di alta disoccupazione.

2. Cos'è diverso oggi

Le grandi rivoluzioni tecnologiche del passato non hanno portato ad una disoccupazione di massa, nonostante le preoccupazioni dei lavoratori e degli economisti. Le macchine infatti, non erano in grado svolgere attività che richiedevano capacità cognitive, ma solamente capacità fisiche (all'inizio) grezze. Le mansioni svolte dalla maggior parte dei lavoratori sostituiti consistevano solamente in attività fisiche e non richiedevano il pensiero umano. Al giorno d'oggi la maggior parte dei lavoratori è occupata in attività che richiedono una combinazione di capacità cognitive e fisiche. L'evoluzione della tecnologia informatica e l'introduzione dell'AI (Artificial Intelligence) potrebbe però portare alla sostituzione anche dei lavoratori che utilizzano solamente capacità cognitive.

L'attuale slancio di progresso e di entusiasmo per l'intelligenza artificiale è iniziato intorno al 2010, spinto da tre fattori mutualmente rafforzanti: la disponibilità di big data provenienti da fonti quali e-commerce, aziende, social media e ricerche scientifiche; che hanno fornito la materia prima per approcci e algoritmi di machine learning notevolmente migliorati (deep learning); che a loro volta si sono basati sulle capacità di computer più potenti. Durante questo periodo, il ritmo di miglioramento ha sorpreso anche gli esperti del settore. Ad esempio, in una sfida di riconoscimento delle immagini che ha un tasso di errore umano del 5 per cento, il miglior risultato di intelligenza artificiale è migliorato da un tasso di errore del 26 per cento nel 2011 al 3,5 per cento nel 2015 (Grace et al., 2016). Questi progressi possono consentire di automatizzare una serie di attività sul posto di lavoro che richiedono, per esempio, la comprensione delle immagini, e consentiranno anche nuovi tipi di lavoro e di mansioni.

2.1 Perché le paure del passato non si sono avverate

Autor e Salomons (2018) è, secondo l'autore di questa tesi, il miglior tentativo da parte della teoria economica di spiegare come la tecnologia non abbia avuto finora un effetto negativo sull'occupazione. Nel loro articolo viene sostenuto che lo scostamento del lavoro umano dalla produzione di beni e servizi può assumere (almeno) due forme: lo spiazzamento dell'occupazione, che significa l'eliminazione dell'occupazione aggregata, o la riduzione della quota lavoro, che significa l'erosione della quota di valore aggiunto dal lavoro umano nell'economia. Per stabilire se il progresso tecnologico si traduca in ultima analisi in uno

spiazzamento dell'occupazione o della quota lavoro, occorre tener conto di due fattori: come le innovazioni tecnologiche influenzano l'occupazione e la quota di valore aggiunto del lavoro direttamente nei settori in cui si verifica il progresso tecnologico e come questi effetti diretti sono rafforzati o compensati da cambiamenti occupazionali e della quota di lavoro in altre parti dell'economia che sono indirettamente stimolati dalle stesse forze tecnologiche. Gli effetti indiretti del progresso tecnologico su questi spiazzamenti, argomentano Autor e Salomons, sono probabilmente più difficili da osservare e quantificare, e quindi possono essere oggetto di minor attenzione da parte dell'analisi economica e del più ampio dibattito pubblico. In particolare, nonostante molte innovazioni tecnologiche sostituiscano i lavoratori con le macchine, questa sostituzione non deve necessariamente ridurre la domanda aggregata di lavoro (effetto diretto), in quanto induce contemporaneamente quattro risposte compensative (indirette): effetti di produzione propri dell'industria, effetti interindustriali input-output, spostamenti interindustriali e effetti finali sulla domanda. Per constatare se negli ultimi 4 decenni gli effetti indiretti sono stati in grado di "stornare" i diretti, sia per quanto riguarda lo spiazzamento occupazionale che della quota lavoro, gli autori utilizzano 3 collegamenti micro-macro che, combinati con stime a livello industriale, permettono di fare inferenza sugli effetti di spiazzamento in aggregato. Il risultato di quest'analisi è che l'aumento della produttività totale dei fattori produttivi (variabile proxy del grado di automatizzazione in questo studio) ha comportato negli ultimi 40 anni un aumento dell'occupazione ma una diminuzione della quota lavoro. Le industrie con miglioramenti di produttività persistenti nel tempo riducono la quantità di lavoro umano come input (effetto diretto). Questo effetto diretto è più che compensato da due effetti indiretti: l'aumento della produttività nelle industrie che agiscono come fornitori di altre provoca un forte aumento della domanda di lavoro delle industrie a valle; in secondo luogo l'aumento della produttività totale dei fattori produttivi in ogni settore contribuisce alla crescita aggregata (poiché porta valore aggiunto), alzando quindi la domanda finale che per essere soddisfatta richiede un aumento di domanda di lavoro in tutti i settori dell'economia. Al contrario la crescita in produttività ha un effetto negativo diretto sulla quota lavoro nelle industrie dove ha origine e questo effetto non è compensato da effetti indiretti in altre industrie.

2.2 Il progresso tecnologico oggi

Per la stragrande maggioranza della storia umana, era ragionevole ritenere che il mondo quando si nasce sarebbe stato simile a quello di quando si muore. Negli ultimi trecento anni questa assunzione è diventata sempre più sbagliata sempre più velocemente.

Ray Kurzweil (2005) sostiene che il progresso tecnologico sia in costante accelerazione. Usando la sua “Law of Accelerating Returns” prevede che: “Non vivremo 100 anni di progresso nel 21° secolo, saranno più simili a 20.000 anni di progresso (al ritmo attuale)”.

Il ragionamento che sta alla base della sua legge è il seguente: l’evoluzione tecnologica (ma anche quella biologica) si traduce in un prodotto di nuova generazione migliore di quello precedente. Tale prodotto è quindi un modo più efficiente ed efficace nello sviluppare la fase successiva del progresso evolutivo. Si tratta di un circuito di feedback positivo. In altre parole, stiamo utilizzando strumenti più potenti e veloci per progettare e costruire strumenti più potenti e veloci.

Di conseguenza, il tasso di avanzamento di un processo evolutivo aumenta esponenzialmente nel tempo, e anche i “benefici” come la velocità, l’economicità e la potenza complessiva aumentano esponenzialmente nel tempo. Man mano che un particolare processo evolutivo (ad esempio, la potenza di calcolo) diventa più efficace e/o efficiente vengono poi impiegate maggiori risorse per favorire l’avanzamento di tale processo. Ciò si traduce in un secondo livello di crescita esponenziale (cioè, il tasso di crescita esponenziale stesso cresce in modo esponenziale).

2.2.1 Il progresso hardware

Il co-fondatore di Intel, Gordon Moore è famoso nel mondo dell’informatica per una predizione fatta in un suo articolo del 1965: “La complessità per il minimo costo dei componenti è cresciuta ad un tasso di circa un moltiplicatore di due l’anno. Sicuramente possiamo aspettarci che nel breve termine questo ritmo prosegua, o che addirittura aumenti. Nel più lungo periodo il tasso d’incremento è un po’ meno sicuro, anche se non c’è motivo di credere che non rimarrà pressoché costante per almeno dieci anni.” Quella che diventò successivamente la legge di Moore riuscì a predire accuratamente che nel 1975 i circuiti avrebbero avuto una potenza 500 volte superiore a quelli di 10 anni prima. L’unico errore che fece Moore fu quello di essere troppo prudente; anche se non sempre ci vollero esattamente

12 mesi, la sua legge resse per quasi 5 decenni invece di 1. Questo significa che l'accelerazione con cui i processori sono aumentati in potenza da metà novecento fino all'inizio del nuovo millennio, può essere approssimata come una funzione esponenziale 2^x .

Numero di transistor nei circuiti integrati dal 1971 al 2016

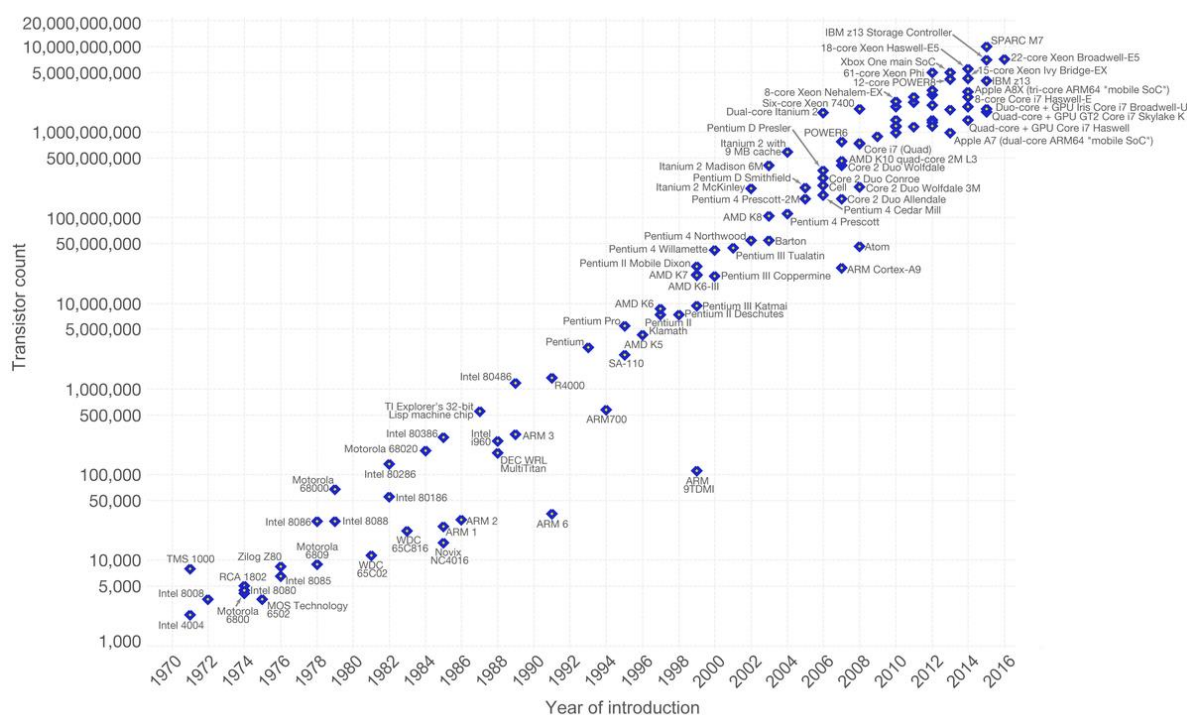


Figura 2.0.1 Numero di transistor nei circuiti integrati dal 1971 al 2016, Fonte: <https://ourworldindata.org/technological-progress>

L'esempio classico che viene presentato per cercare di far comprendere la velocità con cui cresce una funzione esponenziale è quello della storia dell'inventore degli scacchi. Il racconto narra che il gioco fu inventato da un uomo molto intelligente che si recò a Pataliputra, capitale dell'impero Gupta in India, e presentò la sua idea all'imperatore. Il sovrano fu così impressionato dalla complessità e bellezza del gioco che invitò l'uomo a scegliere un premio. L'inventore, lodando la generosità del monarca, disse: "Tutto ciò che desidero è un po' di riso per sfamare la mia famiglia". Poiché la generosità dell'imperatore era stata stimolata dall'invenzione degli scacchi, l'inventore suggerì di usare la scacchiera per determinare la quantità di riso che gli sarebbe stata data. "Mettete un solo chicco di riso sul primo quadrato

della tavola, due sul secondo, quattro sul terzo, e così via”, propose l’inventore, “in modo che ogni quadrato riceva il doppio dei chicchi rispetto al precedente”. “Così sia”, rispose l’imperatore, impressionato dall’apparente modestia dell’inventore. Apparente appunto, perché 2^{64-1} o più di 18 quintilioni (10^{30}) di chicchi è una quantità di gran lunga superiore a tutto il riso che sia mai stato prodotto nella storia dell’umanità. La storia finisce tragicamente, con l’imperatore che, incapace di pagare il suo debito, fa decapitare l’inventore.

Kurzweil (2000) fa notare come a metà della scacchiera, ovvero a 32 quadrati, il sovrano debba all’uomo circa 4 miliardi di chicchi di riso. Questa quantità, seppur grande (circa la quantità che si raccoglie in un campo di riso intero), è comunque pagabile dal monarca. È solamente dalla seconda metà della tavola in poi che le cose iniziano a mettersi male per il sovrano e, in ultima analisi, per l’inventore. Nella prima metà della tavola i numeri sono grandi sì, ma sono comunque di un ordine di grandezza intuibile, che osserviamo nel corso della vita. È solamente nella seconda metà della scacchiera che iniziamo a perdere il senso di come numeri al di fuori della nostra intuizione inizino ad apparire sempre più velocemente, man mano che la crescita esponenziale continua. Brynjolfsson e McAfee (2014), usando i dati del US Bureau of Economic Analysis, notano come i costi per tecnologie informatiche inizino a comparire negli Stati Uniti nel 1958. Prendendo quest’anno come punto di partenza, e usando un periodo di raddoppio conservativo di 18 mesi, hanno calcolato l’anno in cui si è arrivati alla trentaduesima iterazione del raddoppio. La metà della scacchiera è arrivata nel 2006.

2.2.2 Il progresso software

Il termine “High-level machine intelligence” (HLMI) è usato nel campo dell’intelligenza artificiale per descrivere lo stadio in cui si è in grado di progettare una macchina in grado di svolgere qualsiasi compito gli venga assegnato in modo migliore e più economico rispetto ad un lavoratore umano. Per avere una stima di quando delle macchine di questo tipo potrebbero essere sviluppate, Grace et al (2017) hanno stilato un questionario, che hanno inviato ai ricercatori del campo dell’intelligenza artificiale. La popolazione degli invitati a rispondere al questionario è costituita da tutti i ricercatori che hanno avuto delle loro pubblicazioni presentate alle conferenze NIPS e ICML del 2015 (due delle principali sedi per la ricerca nell’ambito del machine learning). Un totale di 352 ricercatori ha risposto all’invito (il 21 per cento dei 1634 autori contattati). Le domande riguardavano la tempistica di specifiche capacità di intelligenza artificiale (ad es. piegare la biancheria, tradurre da una lingua ad un’altra), la superiorità in occupazioni specifiche (ad es. autista di camion, chirurgo), la

superiorità sull'uomo in tutte le attività possibili e l'impatto sociale dell'intelligenza artificiale avanzata. I dati raccolti hanno mostrato come prima di tutto i ricercatori ritengano che il progresso nel campo del machine learning sia accelerato negli ultimi anni, infatti alla domanda se il tasso di progresso nell'apprendimento automatico fosse più veloce nella prima o nella seconda metà della loro carriera, il 67 per cento dei ricercatori ha dichiarato che i progressi sono stati più rapidi nella seconda metà della carriera e solo il 10 per cento nella prima metà. La mediana della durata della carriera tra gli intervistati è di 6 anni. Secondo i partecipanti al sondaggio poi la "progressione esplosiva" dell'AI dopo l'HLMI è possibile ma improbabile. Alcuni autori hanno sostenuto che una volta raggiunto l'HLMI, i sistemi di intelligenza artificiale diventeranno rapidamente di gran lunga superiori a alla mente umana (Barrat, 2013). Questa accelerazione è stata chiamata "intelligence explosion". È stato chiesto agli intervistati la probabilità che l'intelligenza artificiale possa ragionare molto meglio dell'uomo in tutte le attività possibili, due anni dopo il raggiungimento dell'HLMI. La probabilità mediana era del 10 per cento. È anche stato chiesto agli intervistati la probabilità di un miglioramento tecnologico globale esplosivo due anni dopo l'HLMI. Qui la probabilità mediana era del 20 per cento. I dati raccolti indicano poi che la maggior parte degli esperti in AI è convinta che l'arrivo all'HLMI porterà esiti positivi, ma che siano possibili anche rischi catastrofici: agli intervistati è stato chiesto se il raggiungimento di un HLMI avrebbe portato un impatto positivo o negativo sull'umanità nel lungo periodo, assegnando alla probabilità dell'esito un valore su una scala di cinque punti. La probabilità mediana era del 25 per cento per un risultato "buono" e del 20 per cento per un risultato "estremamente buono". Al contrario, la probabilità era del 10 per cento per un risultato negativo e del 5 per cento per un risultato descritto come "Estremamente negativo (ad esempio, l'estinzione umana)". Infine, lo studio ha mostrato come i ricercatori del campo dell'intelligenza artificiale siano convinti che la società debba dare la priorità alla ricerca volta a minimizzare i rischi potenziali dell'intelligenza artificiale; il 48 per cento degli intervistati ritiene che la ricerca sulla minimizzazione dei rischi dell'influenza aviaria debba essere ritenuta prioritaria dalla società più dello status quo (solo il 12 per cento degli intervistati desidera meno).

2.3 Il report del Mckinsey Global Institute

Fin dalla sua fondazione nel 1990, il McKinsey Global Institute (MGI) ha cercato di sviluppare una comprensione più approfondita dell'evoluzione dell'economia globale. In qualità di divisione di ricerca aziendale ed economica di McKinsey & Company, MGI mira a

fornire ai leader del settore commerciale, pubblico e sociale i fatti e le conoscenze su cui basare le decisioni di gestione e politiche.

La ricerca MGI combina le discipline dell'economia e del management, utilizzando gli strumenti analitici dell'economia con le intuizioni dei leader aziendali. Nel report che segue viene utilizzata una metodologia "micro-to-macro" che esamina le tendenze dell'industria microeconomica per comprendere meglio le grandi forze macroeconomiche che influenzano la strategia aziendale e le politiche pubbliche.

2.3.1 Il potenziale di automazione globale

Il McKinsey Global Institute (2017) nel report "A future that works: automation, employment and productivity", vuole misurare il potenziale di automazione presente nel mercato globale al giorno d'oggi. Per fare questo vengono utilizzati dati provenienti dalla Banca Mondiale, O*Net database (Occupational Information Network) e dal US Bureau of Labor Statistics. Il lavoro umano viene suddiviso nelle singole attività svolte per ogni mansione. Ognuna di queste unità lavorative fa appello a 18 capacità, suddivise a loro volta in 5 macro-gruppi: percezioni sensoriali, capacità cognitive, elaborazione in linguaggio naturale, capacità sociale e emotive e capacità fisiche. Il primo gruppo, le percezioni sensoriali, si suddivide in percezione visiva, senso del tatto e senso dell'udito; comprende la percezione dell'ambiente esterno attraverso l'integrazione e l'analisi di dati provenienti da sensori nel mondo fisico (per esempio l'occhio umano). Il secondo gruppo invece, le capacità cognitive, comprende la capacità di riconoscere pattern e categorie conosciuti (non attraverso la percezione sensoriale); di creare e riconoscere nuovi pattern e categorie; il ragionamento logico e problem solving, utilizzando informazioni contestuali e variabili di input sempre più complesse; l'ottimizzazione e pianificazione per raggiungere obiettivi specifici, soggetti a vari vincoli; la creazione di idee diverse e innovative, o una nuova combinazione di idee; il recupero di informazioni, che comporta la ricerca e il recupero di informazioni da una vasta gamma di fonti; la coordinazione con più agenti, che implica l'interazione con altre macchine e con gli umani per coordinare l'attività del gruppo; la capacità di articolare e presentare gli output, il che implica fornire output non attraverso il linguaggio naturale. Si potrebbe trattare della produzione automatizzata di immagini, diagrammi, grafici o presentazioni su supporti misti. L'elaborazione in linguaggio naturale si compone di due parti distinte: la generazione

del linguaggio naturale, che è la capacità di trasmettere messaggi parlati, anche con l'interazione umana e gesti, e la comprensione del linguaggio naturale, che è la comprensione del linguaggio e la comunicazione linguistica sfumata in tutta la sua ricca complessità. Il quarto gruppo, le capacità sociali ed emotive, comprende di tre tipi di capacità: la percezione sociale ed emotiva, che comporta l'identificazione dello stato sociale ed emotivo di una persona; il ragionamento sociale ed emotivo, che è la capacità di trarre accurate conclusioni basate sullo stato sociale ed emotivo di una persona, e determinare sulla base di esse una risposta appropriata; la produzione sociale ed emotiva, che è la produzione di una risposta appropriata sociale o emotiva, sia in parole che attraverso il linguaggio del corpo. L'ultimo gruppo delle capacità identificate nel report è quello delle capacità fisiche che include le abilità motorie che non richiedono precisione, e quelle che richiedono precisione, orientamento e mobilità. Queste capacità potrebbero essere implementate da robot o altre macchine che manipolano oggetti con destrezza e sensibilità, che spostano oggetti con abilità motorie multidimensionali, che orientano sé stessi in modo autonomo e che si muovono all'interno e attraverso vari ambienti e terreni.

Schema di suddivisione in capacità delle attività lavorative

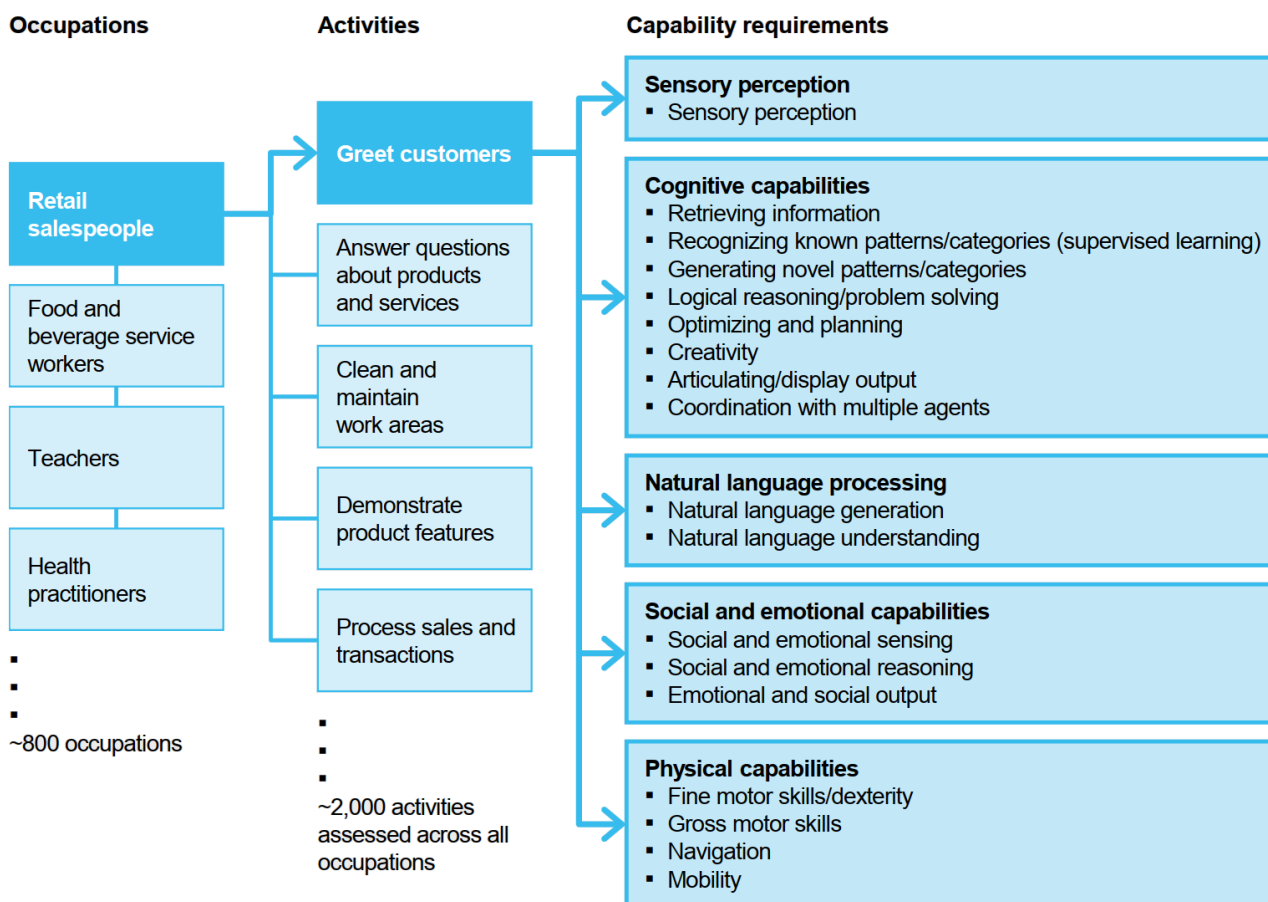
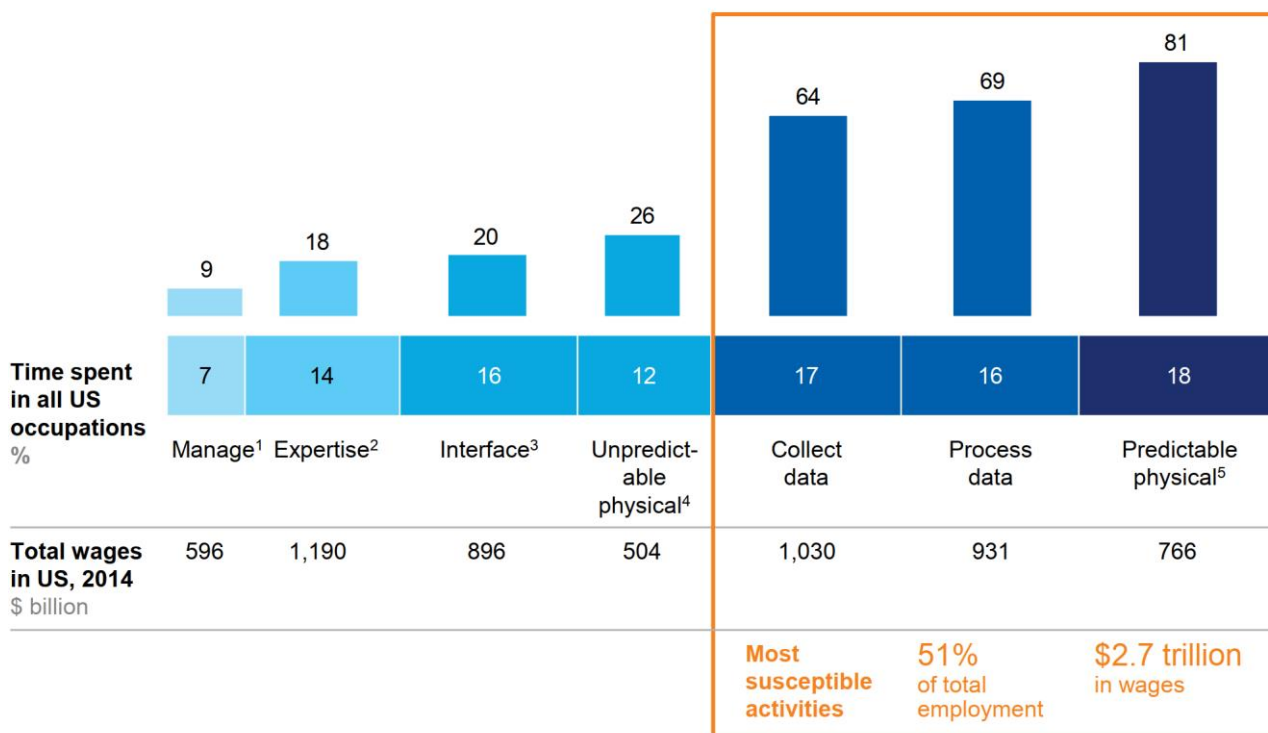


Figura 2.0.2 Schema di suddivisione in capacità delle attività lavorative, fonte: McKinsey Global Institute analysis

Una volta identificate le attività lavorative e le capacità necessarie per svolgerle lo studio si occupa di stimare il livello di performance necessario per svolgere con successo ogni singola attività lavorativa. In generale, si osserva se il livello di performance richiesto per svolgere con successo l'attività è all'incirca a livello mediano, al di sotto della mediana, o un livello di prestazione elevato. Lo stesso criterio viene poi applicato per valutare le performance di soluzioni tecnologiche già inventate e dimostrate funzionanti. A differenza di altri studi, qui l'analisi si concentra sulle singole attività lavorative piuttosto che sui mestieri nel loro complesso, rendendola quindi più precisa. Considerando solamente gli Stati Uniti si osserva che il 49 per cento delle attività che svolgono i lavoratori (per le quali sono remunerati) sono automatizzabili adattando tecnologie già dimostrate. Meno del 5 per cento delle occupazioni possono essere *completamente* automatizzate, circa il 60 per cento hanno almeno il 30 per cento di attività che possono essere automatizzate. Prevedibilmente, certe categorie di attività, come l'elaborazione e raccolta di dati, lo svolgimento di attività fisiche e l'azionamento di macchinari in un ambiente prevedibile, hanno un elevato potenziale tecnico per l'automazione; la suscettibilità è notevolmente inferiore per altre attività che comprendono

l'interazione con gli stakeholder, l'applicazione di competenze al processo decisionale, la pianificazione strategica, compiti creativi o gestione e sviluppo delle persone.

Tempo speso in attività che possono essere automatizzate tramite tecnologie già dimostrate



- 1 Managing and developing people.
 2 Applying expertise to decision making, planning, and creative tasks.
 3 Interfacing with stakeholders.
 4 Performing physical activities and operating machinery in unpredictable environments.
 5 Performing physical activities and operating machinery in predictable environments.
 NOTE: Numbers may not sum due to rounding.

Figura 2.0.3 Tempo speso in attività che possono essere automatizzate tramite tecnologie già dimostrate, Fonte: US Bureau of Labor Statistics; McKinsey Global Institute analysis

Suddividendo l'analisi in settori si può notare un alto tasso di diversità. Circa un quinto del tempo speso dai lavoratori statunitensi è impiegato in attività fisiche prevedibili, che sono presenti prevalentemente nel settore manifatturiero e di vendita al dettaglio. Anche all'interno dei diversi settori vi è molta eterogeneità: nel manifatturiero ad esempio i lavori che si compongono principalmente di attività fisiche in ambienti prevedibili sono automatizzabili per oltre il 90 per cento delle loro attività; il personale che si dedica al servizio della clientela d'altro canto è sostituibile dalle macchine per meno del 30 per cento delle sue attività. Lo studio condotto dal McKinsey Global Institute trova inoltre che il salario e il livello di skill dell'occupazione sono inversamente correlati con il potenziale di automatizzazione con un p-vaule inferiore allo 0,1 e un R^2 di 0,19. A livello globale, le attività tecnicamente

automatizzabili toccano l'equivalente di 1,1 miliardi di dipendenti e 15,8 trilioni di dollari di salari. Quattro economie (Cina, India, Giappone e Stati Uniti) rappresentano poco più della metà del totale di questi salari e dipendenti; Cina e India insieme rappresentano il più grande potenziale occupazionale tecnicamente automatizzabile, oltre 700 milioni di lavori sostituibili a tempo pieno, questo a causa delle dimensioni relative della loro forza lavoro. Il potenziale è ampio anche in Europa: secondo l'analisi, 54 milioni di sostituibili a tempo pieno e più di 1,7 trilioni di dollari in salari sono associati ad attività tecnicamente automatizzabili nelle cinque principali economie: Francia, Germania, Italia, Spagna e Regno Unito.

Potenziale di automazione espresso in percentuale di lavoratori sostituibili

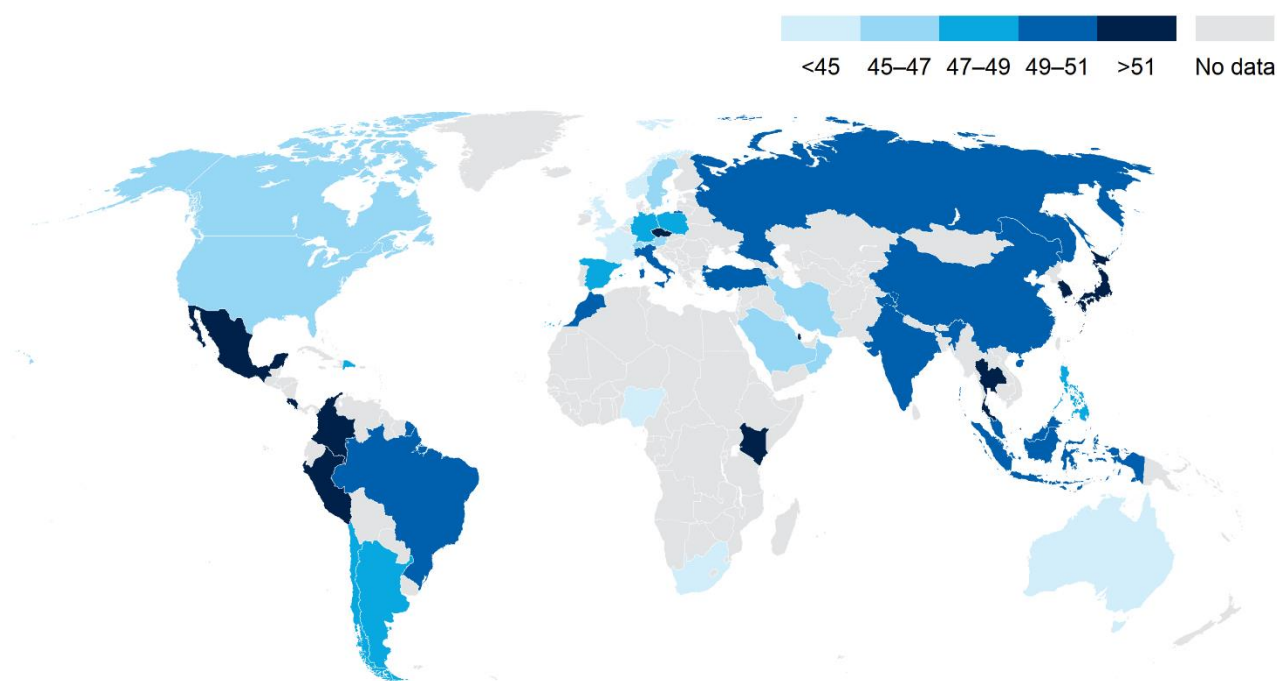


Figura 2.0.4 Potenziale di automazione espresso in percentuale di lavoratori sostituibili, Fonte: Oxford Economic Forecast; Emsi database; US Bureau of Labor Statistics; McKinsey Global Institute analysis

2.3.2 La velocità di adozione delle tecnologie di automazione

Nonostante una grossa porzione del lavoro sia potenzialmente sostituibile, ci vorranno diversi anni per adottare queste tecnologie. La velocità di applicazione dell'automatizzazione dipende, secondo l'MGI, da cinque fattori: la realizzabilità tecnica, i costi di sviluppo e di implementazione delle soluzioni, le dinamiche del mercato del lavoro, i vantaggi economici, e la regolamentazione e l'accettazione sociale.

Prima di tutto la tecnologia deve essere inventata, integrata e adattata per realizzare soluzioni che automatizzino attività specifiche (realizzabilità tecnica). La distribuzione sul luogo di lavoro può infatti iniziare solo quando le macchine hanno raggiunto uno standard di performance adeguato alle capacità richieste per lo svolgimento delle attività. Mentre le macchine possono già eguagliare o superare le prestazioni umane su alcune delle 18 funzionalità del framework utilizzato per l'analisi, tra cui il recupero di informazioni, le capacità motorie imprecise e l'ottimizzazione, la pianificazione e molte altre richiedono un maggiore sviluppo tecnologico. I progressi nella comprensione linguistica potrebbero liberare un potenziale di automazione tecnica molto più elevato. Anche le capacità di ragionamento emotivo e sociale dovranno diventare più sofisticate per molte attività lavorative. Per le attività lavorative tipiche, saranno necessarie simultaneamente più capacità, come la percezione sensoriale e la mobilità, e quindi dovranno essere progettate soluzioni che integrino capacità specifiche nel contesto. Lo sviluppo e la progettazione delle tecnologie di automazione possono richiedere una notevole quantità di capitale (costi di sviluppo). Le soluzioni hardware vanno dai computer standard all'hardware specifico altamente progettato, come i robot con parti mobili. Telecamere e sensori sono necessari per tutte le attività che richiedono capacità di percezione sensoriale, mentre la mobilità richiede ruote o altro hardware che consenta alle macchine di muoversi. Tali attributi aumentano i costi rispetto a una piattaforma hardware per uso generico. Anche le soluzioni "virtuali" basate sul software richiedono investimenti iniziali non indifferenti per la loro progettazione. Per l'implementazione, l'hardware richiede un notevole investimento di capitale, e quindi automazione che richiede costi iniziali elevati rispetto ai salari. Le soluzioni software, invece, tendono ad avere un costo marginale minimo, il che le rende di solito meno costose dei salari e quindi tendono ad essere adottate prima (si veda Rifkin 2014). Con il passare del tempo, i costi di hardware e software sono destinati a diminuire, rendendo le soluzioni tecnologiche competitive con il lavoro umano per un numero crescente di attività. Le dinamiche e le caratteristiche del mercato del lavoro, come la qualità (ad esempio, le competenze), la quantità, l'offerta, la domanda e i costi del lavoro umano come alternativa influiscono poi sulle attività che saranno automatizzate. Ad esempio, l'attività di cottura in un ristorante ha un elevato potenziale di automazione, più del 75 per cento, sulla base di tecnologie attualmente esistenti, ma la decisione di distribuire la tecnologia dovrà considerare i costi salariali dei cuochi, che guadagnano in media 11 dollari l'ora negli Stati Uniti, e l'abbondanza di persone disposte a lavorare come cuochi a quel salario. Le dinamiche del mercato del lavoro differiscono anche a seconda della geografia, non solo per il modo in cui la diversa e mutevole demografia influisce sull'offerta di base di lavoro, ma anche per i diversi livelli

salariali. L'automazione della produzione ha più probabilità di essere adottata prima nei paesi con alti salari di produzione, come il Nord America e l'Europa occidentale, che nei paesi in via di sviluppo con salari più bassi. Inoltre, gli effetti dell'automazione possono interagire con le competenze e l'offerta sul mercato del lavoro. Ad esempio, se i lavoratori a reddito medio, come gli impiegati e gli operai, vengono sostituiti dall'automazione, potrebbero vedersi obbligati a ricercare un impiego in occupazioni meno retribuite, con un aumento dell'offerta e una potenziale pressione al ribasso sui salari. Al contrario, essi potrebbero impiegare del tempo per riqualificarsi in altre posizioni altamente qualificate, ritardando il loro reinserimento nella forza lavoro e riducendo temporaneamente l'offerta di lavoro. La velocità dell'automazione è influenzata anche dai possibili vantaggi economici che derivano da essa infatti, oltre al risparmio sul costo del lavoro, un'azienda che vuole l'automazione potrebbe includere guadagni in termini di prestazioni, quali maggiori profitti, maggiore produttività e produttività, maggiore sicurezza e qualità, che a volte superano i benefici derivanti dalla sostituzione della manodopera. Ad esempio, i vantaggi di un aumento della produzione e di una riduzione dei costi di manutenzione complessivi grazie all'automazione della sala di controllo di un impianto di produzione di petrolio e gas sono molto superiori a quelli associati alla riduzione dei costi di personale nella sala di controllo. La guida automatizzata di automobili e camion non solo potrebbe ridurre i costi di manodopera dei conducenti, ma potrebbe anche migliorare la sicurezza (la maggior parte degli incidenti è dovuta a errori umani) e l'efficienza dei consumi di carburante. Infine, anche quando l'implementazione dell'automazione ha senso dal punto di vista economico, il tasso di adozione può essere influenzato da fattori contestuali quali l'approvazione normativa e la reazione degli utenti. Ci sono molteplici ragioni per cui l'adozione della tecnologia non avviene dall'oggi al domani. Lo spostamento degli investimenti di capitale verso queste nuove tecnologie richiede tempo, così come il cambiamento dei processi organizzativi e delle pratiche per adattarsi alle nuove tecnologie. La riconfigurazione delle supply chain e degli ecosistemi può essere laboriosa e a volte le normative devono essere modificate. Le policy degli Stati possono rallentare l'adozione e le diverse aziende adottano le tecnologie a ritmi diversi. Anche cambiare le attività che i lavoratori svolgono richiede uno sforzo attento, anche se non resistono attivamente. E soprattutto nel caso dell'automazione, gli individui possono sentirsi a disagio di fronte a un nuovo mondo in cui le macchine sostituiscono l'interazione umana in alcuni ambienti di vita intimi, come un ospedale, o in luoghi in cui ci si aspetta che le macchine prendano decisioni di vita e di morte, come durante la guida.

2.4 Il mercato del lavoro e la Beveridge curve

La Beveridge curve, ovvero la relazione empirica tra disoccupazione e posti di lavoro vacanti, è ritenuta un buon indicatore dell'efficienza del funzionamento del mercato del lavoro (Jean, et al., 1989). Normalmente, quando i posti di lavoro vacanti aumentano, la disoccupazione diminuisce, seguendo una curva che di solito ha un andamento stabile per lunghi periodi di tempo. Quando i posti vacanti aumentano e la disoccupazione non diminuisce (o diminuisce troppo lentamente) questo può essere un'indicazione di problemi di disallineamento strutturale nel mercato del lavoro (non viene creato il match fra domanda e offerta di lavoro) che portano ad un aumento del NAIRU ovvero il tasso di disoccupazione più basso che può essere mantenuto senza aumentare l'inflazione. Ghayad e Dickens (2012) vogliono capire perché sebbene l'economia statunitense si sia lentamente ripresa a partire dall'ultimo trimestre del 2009, il tasso di disoccupazione è rimasto elevato. Il persistere di un elevato tasso di disoccupazione è per i ricercatori particolarmente disorientante, dato che il numero di offerte di lavoro è aumentato nello stesso periodo.

Tasso di posti vacanti e disoccupazione negli Stati Uniti da Gennaio 2001 a Giugno 2012

Vacancy rate

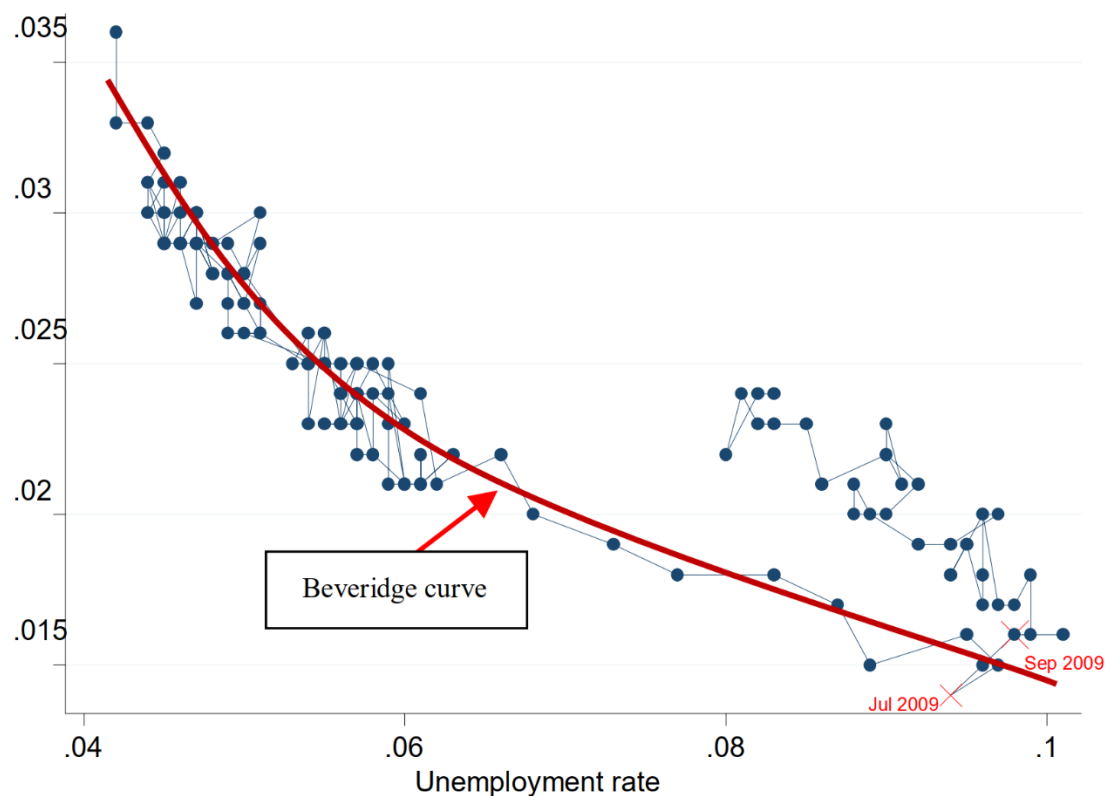


Figura 2.0.5 Tasso di posti vacanti e disoccupazione negli Stati Uniti da Gennaio 2001 a Giugno 2012, Fonte: US Bureau of Labor Statistics, dati mensili e aggiustati per la stagionalità (CPS e JOLTS)

In seguito alla recessione dell'inizio degli anni 2000 e alla ripresa da tale recessione, il rapporto tra posti di lavoro liberi e disoccupazione è rimasto notevolmente costante, come lo è stato per lunghi periodi in passato. Tuttavia, nella ripresa dall'ultima recessione si osserva che i posti vacanti sono aumentati considerevolmente senza produrre il normale calo della disoccupazione. Sembra che la Beveridge curve possa essersi spostata verso destra. Nel passato c'è stato un altro periodo in cui il rapporto si è spostato verso destra in modo simile. Nel corso degli anni '70, i posti vacanti sono aumentati senza un normale calo della disoccupazione e la Beveridge curve si è spostata verso l'esterno per gran parte degli anni '80. Durante quel periodo si è pensato che il mercato del lavoro stesse performando peggio del solito nel far incontrare lavoratori e posti di lavoro, con il risultato di un più alto NAIRU.

Ghayad e Dickens scoprono che mentre la curva di Beveridge per tutti i lavoratori sembra essersi spostata verso l'esterno a partire dal 2009, i dati sui tassi di posti vacanti e di disoccupazione per le persone che sono state disoccupate per meno di 27 settimane rivelano il consueto rapporto di tendenza al ribasso senza alcun segno di spostamento verso destra. È

interessante notare che un grafico dinamico del tasso di posti vacanti rispetto al tasso di disoccupazione di breve durata (meno di 27 settimane) mostri un andamento orario.

Grafico dinamico di posti vacanti e disoccupazione nel breve e nel lungo periodo

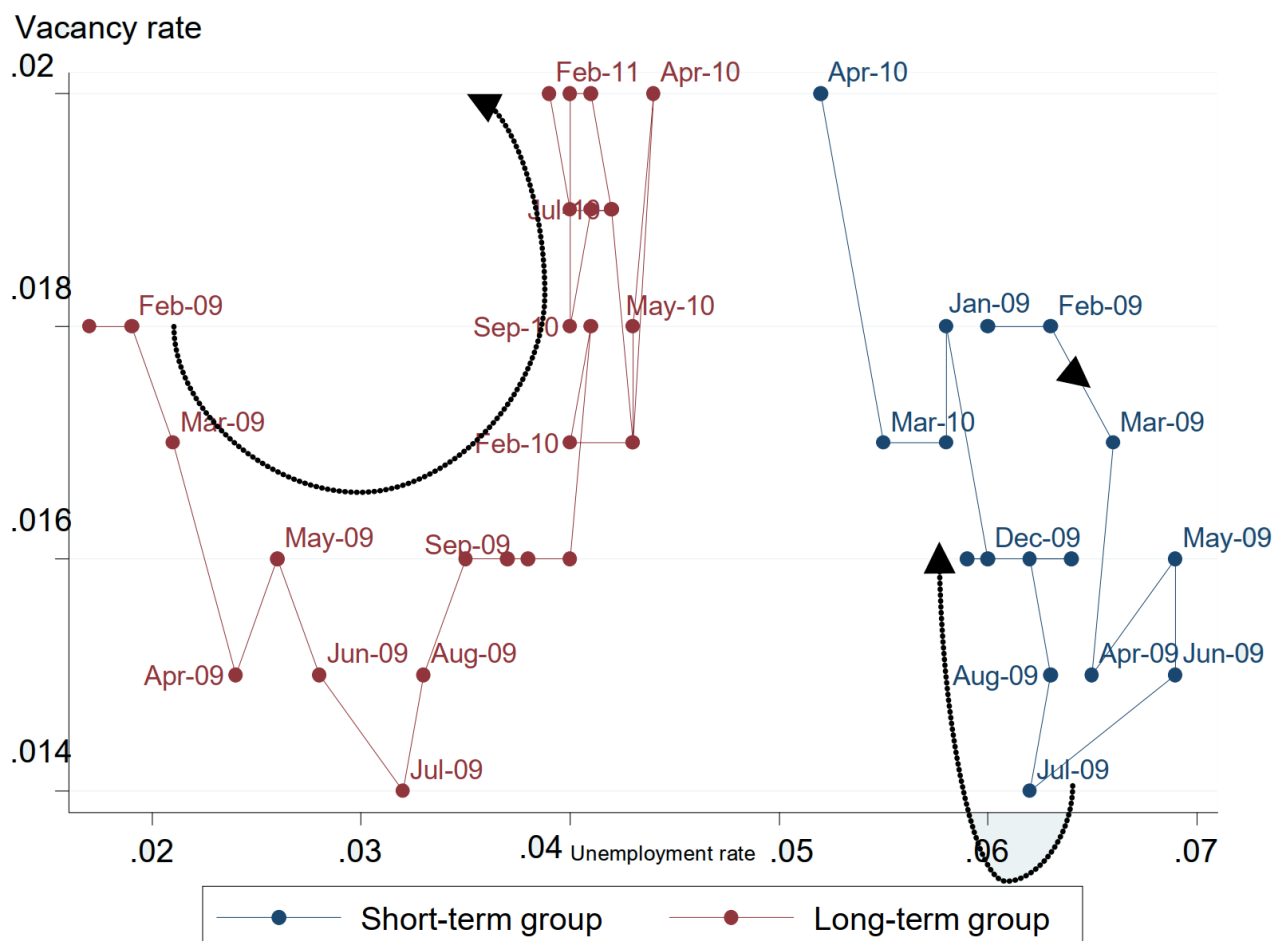


Figura 2.0.6 Grafico dinamico di posti vacanti e disoccupazione nel breve e nel lungo periodo, Fonte: US Bureau of Labor Statistics, dati mensili aggiustati per stagionalità (CPS e JOLTS)

Al contrario, vediamo un grande movimento in senso antiorario quando il tasso di posti vacanti viene tracciato rispetto al tasso di disoccupazione per i disoccupati per più di 27 settimane. Nel complesso, queste osservazioni suggeriscono che i disoccupati di breve durata hanno beneficiato più dei disoccupati di lunga durata dell'aumento delle offerte di lavoro durante la ripresa. È opinione diffusa che lo spostamento verso l'esterno della Beveridge curve negli anni '70 riflettesse un peggioramento dell'efficienza dell'adeguamento, ovvero che fosse difficile trovare insieme lavoratori e posti di lavoro adeguati, e che ciò aggravasse il tasso di disoccupazione complessivo. Osserviamo tre differenze tra ciò che è accaduto negli anni '70 e i cambiamenti di oggi. In primo luogo, lo spostamento verso l'esterno è avvenuto molto più rapidamente nell'ultimo periodo che negli anni '70, accadendo in mesi anziché in

anni. In secondo luogo, negli anni '70 lo spostamento verso l'esterno era comune a tutte le durate della disoccupazione, come ci si aspetterebbe da un calo generale dell'efficienza dell'incontro tra domanda e offerta. Per contro, l'attuale cambiamento si è verificato solo tra i disoccupati di lunghissimo periodo, con qualche segno di un leggero miglioramento del compromesso per i disoccupati di breve durata. Negli anni '70, infine, lo spostamento verso l'esterno si è concentrato sugli operai. Anche in questo caso, questo è ciò che ci si potrebbe aspettare se il cambiamento nella composizione del settore creasse una maggiore discrepanza di competenze (ci si potrebbe aspettare che le competenze degli impiegati siano più trasferibili tra i vari settori). Nel periodo attuale vediamo che il peggioramento del trade-off tra offerte di lavoro e disoccupazione è comune sia tra gli operai che tra gli impiegati. A parte il contrasto tra i disoccupati di lunga durata e quelli di breve durata, la ripartizione del rapporto di disoccupazione dei posti vacanti nel periodo recente sembra essersi verificata in tutti i settori, a tutti i livelli di istruzione e in tutte le fasce di età, nonché tra gli operai e gli impiegati. Qualsiasi spiegazione della variazione del rapporto tra offerta e disoccupazione deve tener conto della sua pervasività tra gruppi industriali, operai, età e scolarizzazione, concentrazione tra i disoccupati di lunga durata e assenza dal rapporto a breve termine.

Uno dei motivi per cui la curva di Beveridge per i disoccupati di lunga durata si è apparentemente spostata potrebbe essere un cambiamento dell'appetibilità dei disoccupati di lunga durata per i datori di lavoro. È possibile che i disoccupati di lunga durata comprendano sempre più lavoratori le cui competenze non sono adeguate ai posti di lavoro disponibili. Tuttavia, se è così, perché non vediamo qualche spostamento verso l'esterno anche nelle relazioni a breve termine? Inoltre, l'ipotesi della mancata corrispondenza è messa in discussione dal fatto che il rapporto tra domanda e offerta di lavoro si è spostato in tutti i settori, mentre negli anni Settanta sono stati colpiti solo i lavoratori che in precedenza erano occupati nell'industria degli operai. Un'altra possibilità è che i disoccupati di lunga durata in questa recessione possano essere alla ricerca di un'occupazione meno intensa, o perché è molto più difficile trovare un lavoro o perché sono disponibili importi e durate senza precedenti delle indennità di disoccupazione. Questa sembra essere una spiegazione più probabile, anche se un calo dell'intensità della ricerca è dovuto solo alla difficoltà di trovare lavoro, ancora una volta si pone la questione del perché non vedremo questo fenomeno anche a breve termine.

Se questo trend di spostamento della curva di Beveridge per lavoratori disoccupati da più di 27 settimane continuasse questo sarebbe un problema per i lavoratori sostituiti dalle nuove tecnologie di automazione. Infatti, è ragionevole aspettarsi che affinché un gran numero di

lavoratori si riqualifichi ci voglia del tempo. Gli individui che lavorano nei trasporti per esempio, appena la tecnologia di guida autonoma sarà implementata, avranno poco meno di 7 mesi di tempo per imparare e trovare un lavoro (che non sia suscettibile di automazione) se vogliono sperare di “accedere” alla curva di Beveridge a loro più favorevole. Questo punto dovrebbe essere preso in considerazione se ci si aspetta che in situazioni in cui il progresso tecnologico sostituisce il lavoro umano, gli individui siano sempre in grado di riqualificarsi.

3. Possibili scenari futuri

Nel futuro gli studiosi prevedono che lo sviluppo dell'intelligenza artificiale e la progressiva automatizzazione delle attività lavorative comporterà sia la creazione di nuovi posti di lavoro che la sostituzione delle vecchie occupazioni, il rapporto tra i lavori creati e quelli sostituiti determinerà se l'effetto finale dello sviluppo tecnologico sull'occupazione sarà positivo, negativo o nullo. Se gli impieghi generati direttamente o indirettamente dal progresso tecnologico non saranno in grado di compensare il numero di lavoratori sostituiti i policy maker dovranno fare i conti con grandi problemi di disoccupazione e distribuzione della ricchezza.

3.1 Nuovi posti di lavoro

Prevedere quali lavori verranno creati in futuro è estremamente difficile, in quanto questi dipendono da soluzioni tecnologiche che ancora non esistono e dai molteplici modi in cui quest'ultime possono integrare o sostituire i posti di lavoro esistenti. Per formare un'ipotesi intelligente su quali potrebbero essere questi nuovi posti di lavoro, il White House Council of Economic Advisers (CEA) ha sintetizzato ed esteso l'attuale ricerca diretta a identificare i posti di lavoro che sarebbero creati direttamente dallo sviluppo dell'intelligenza artificiale. Inoltre, il CEA ritiene che l'intelligenza artificiale porterà anche a una sostanziale creazione indiretta di posti di lavoro. Infatti, l'aumento della produttività e dei salari, genererà un aumento dei consumi che sosterrà posti di lavoro aggiuntivi in tutta l'economia, dalla produzione artigianale di alta qualità ai ristoranti e alla vendita al dettaglio. Il CEA ha identificato quattro categorie di posti di lavoro che potrebbero sperimentare una crescita diretta dovuta al progresso nell'AI. Gli attuali limiti della destrezza dei robot e i vincoli all'intelligenza creativa delle tecnologie dell'intelligenza artificiale fanno sì che l'occupazione richieda abilità manuali, creatività, interazioni sociali, intelligenza e conoscenze generali. Una prima categoria di lavori che sperimenteranno un aumento della domanda sono quelli che necessitano di un qualche tipo di interazione, con molta probabilità sarà infatti necessario che gli esseri umani interagiscano attivamente con le tecnologie che sfruttano l'intelligenza artificiale durante tutto il processo di completamento di un compito. Molti professionisti del

settore fanno riferimento a una vasta gamma di tecnologie dell'intelligenza artificiale come "Augmented Intelligence" (intelligenza aumentata) sottolineando il ruolo della tecnologia come supporto ed espansione della produttività degli individui piuttosto che come sostituzione del lavoro umano. Pertanto, con una visione futura di complementazione tecnica, la domanda di lavoro aumenterà maggiormente nei settori in cui gli esseri umani integrano le tecnologie di automazione nelle loro mansioni. Ad esempio, una tecnologia AI come Watson di IBM può diagnosticare alcuni tumori o altre malattie prima di un dottore umano, ma un medico sarà sempre necessario per interagire con i pazienti al fine di capire e tradurre i loro sintomi, informarli delle opzioni di trattamento disponibili, e guidarli attraverso i piani di trattamento. Le compagnie navali potrebbero assumere lavoratori che prelevano e consegnano le merci negli ultimi 50 metri con veicoli autonomi dotati di intelligenza artificiale che spostano i lavoratori in modo efficiente da un sito all'altro. In questi casi, l'intelligenza artificiale aumenta ciò che un essere umano è in grado di fare e consente agli individui di essere più efficaci nel loro compito specifico o di operare su scala più ampia.

Soprattutto nelle fasi iniziali dell'intelligenza artificiale, i posti di lavoro nel settore dello sviluppo saranno cruciali e copriranno molteplici settori e livelli di competenze.

Intuitivamente, ci può essere un grande bisogno di sviluppatori di software altamente qualificati e ingegneri per impiegare queste nuove soluzioni a livello globale. Inoltre, lo strumento attraverso il quale l'intelligenza artificiale è grado di "imparare" sono i dati che gli si mette a disposizione. Pertanto, è probabile che vi sarà una maggiore domanda di posti di lavoro nella creazione, raccolta e gestione di dati pertinenti da inserire nei processi di formazione dell'intelligenza artificiale. Le applicazioni dell'AI possono variare da compiti ad alta specializzazione, come il riconoscimento del cancro nelle radiografie, a compiti a bassa specializzazione, come il riconoscimento del testo nelle immagini. Infine, lo sviluppo includerà anche gli individui specializzati nell'arte e cultura e nelle scienze sociali. L'esempio che viene riportato sono filosofi con framework di valutazione etica e sociologi che indagano sull'impatto della tecnologia su specifiche popolazioni, che possono dare un contributo sempre maggiore man mano che le nuove tecnologie si confrontano con una moltitudine complessità sociali e dilemmi morali.

Un'altra categoria di lavori che sperimenterà una crescita sarà quella dei lavori di supervisione. Questa categoria comprende tutti i ruoli relativi al monitoraggio, al rilascio di licenze e alla riparazione dell'AI. Ad esempio, dopo la fase di sviluppo automatizzato dei veicoli, probabilmente esisterà ancora la necessità di immatricolare e collaudare i veicoli nonché di istruire gli esseri umani "alla guida" al fine di garantire la sicurezza e il controllo

del traffico stradale. La guida automatizzata, che si prevede sarà molto diffusa, richiederà un grande numero di riparazioni e manutenzioni regolari, che in questo modo possono espandere la domanda di lavori meccanici e tecnici. La supervisione sarà anche richiesta in tempo reale in casi eccezionali o di alto livello, specialmente quelli che coinvolgono la moralità, l'etica e l'intelligenza sociale che può mancare all'intelligenza artificiale. Ciò potrebbe assumere la forma di un controllo qualità delle raccomandazioni formulate dall'AI. La capacità di apprendimento delle macchine dotate di intelligenza artificiale è uno degli aspetti più entusiasmanti della tecnologia, ma può anche richiedere una supervisione per garantire che l'intelligenza artificiale non si discosti dagli usi originariamente previsti. Man mano che le macchine diventano più intelligenti e hanno una maggiore capacità di fare previsioni pratiche sull'ambiente, il valore del giudizio umano aumenterà perché sarà il modo migliore per risolvere le priorità concorrenti. L'apporto umano sarà poi necessario per rispondere ai cambiamenti dell'ambiente in cui viviamo, l'innovazione tecnologica che circonda l'intelligenza artificiale infatti modificherà probabilmente le caratteristiche dell'ambiente e delle infrastrutture. Nel caso dei veicoli a guida autonoma per esempio, potrebbero essere necessari cambiamenti radicali nella progettazione delle strade e delle leggi sul traffico, che sono attualmente progettate tenendo conto della sicurezza e la comodità dei guidatori umani. L'avvento dell'AV (automated vehicles) comporterà una maggiore domanda di urbanisti e ingegneri civili, per creare un nuovo modello stradale in cui viene costruito e utilizzato il paesaggio dei viaggi di tutti i giorni. I cambiamenti di paradigma in settori adiacenti, come per esempio la sicurezza informatica - che richiedono, ad esempio, nuovi metodi per individuare transazioni e messaggi fraudolenti - possono anche richiedere nuove occupazioni e maggiore occupazione

3.2 La sostituzione delle vecchie occupazioni

Per stimare la velocità di effettiva applicazione dell'automatizzazione nel futuro il McKinsey Global Institute costruisce un modello che sintetizza gli effetti dei cinque fattori presentati precedentemente all'interno di quattro stadi temporali necessari affinché le attività possano essere automatizzate. La prima fase consiste nel periodo in cui le tecnologie di automazione raggiungeranno ogni livello di performance richiesto per ognuno dei cinque gruppi di capacità. Il modello stima il periodo di evoluzione tecnologica per ciascuna capacità attraverso interviste e indagini con esperti dell'industria e del mondo accademico. La seconda fase consiste nel tempo richiesto per integrare queste capacità in soluzioni specifiche alle

applicazioni. Questa viene stimata usando i tempi di sviluppo delle soluzioni per le attività in base alle capacità richieste e ai tempi storici di sviluppo. La terza fase riguarda l'attrattività economica. In particolare, i costi associati allo sviluppo e alla diffusione di soluzioni adeguate, determineranno il ritmo di raggiungimento della realizzabilità economica. La realizzabilità economica dell'automazione infatti, dipenderà dal confronto con il costo del lavoro umano, influenzato dalle dinamiche della domanda e dell'offerta. Come già delineato in precedenza oltre al risparmio sui costi di manodopera, l'automazione potrebbe portare maggiori benefici ai datori di lavoro, tra cui una maggiore qualità ed efficienza e una riduzione del tasso di errore. Nel modello del MGI si assume che l'adozione abbia inizio quando il costo dell'automazione di un'attività è pari al costo del lavoro. Successivamente si confrontano salari (specifici per occupazione e paese e la loro evoluzione) e costi (della soluzione e la loro riduzione) delle soluzioni. Oltre al vantaggio economico, è da considerarsi che l'adozione dell'automazione è influenzata dal ritmo di cambiamento dell'organizzazione, dalle scelte di policy e dall'accettazione da parte degli stakeholder. Pertanto, la quarta fase di adozione viene stimata attraverso diverse curva di adozione a forma di S basate sui tassi storici di adozione della tecnologia in passato.

Ognuna delle quattro fasi influenza il ritmo complessivo dell'automazione nel modello. La fattibilità tecnica è all'origine di gran parte delle variazioni dei nostri scenari modellati, ma anche la fattibilità economica è un fattore significativo, soprattutto nei primi tempi, quando il nostro modello suggerisce che potrebbe ritardare l'adozione e l'attuazione di alcune attività per un periodo compreso tra otto e nove anni.

Mentre le macchine possono già eguagliare le prestazioni umane mediane o addirittura superare i livelli massimi di prestazioni umane in alcune delle 18 capacità, quali, ad esempio, il recupero di informazioni, le capacità motorie grezze e l'ottimizzazione e la pianificazione, molte altre capacità richiedono un maggiore sviluppo tecnologico, ad esempio per aumentare

la comprensione del linguaggio naturale e per raggiungere il ragionamento logico mediano umano.

Intervalli di tempo stimati per raggiungere il massimo livello di performance in ogni capacità

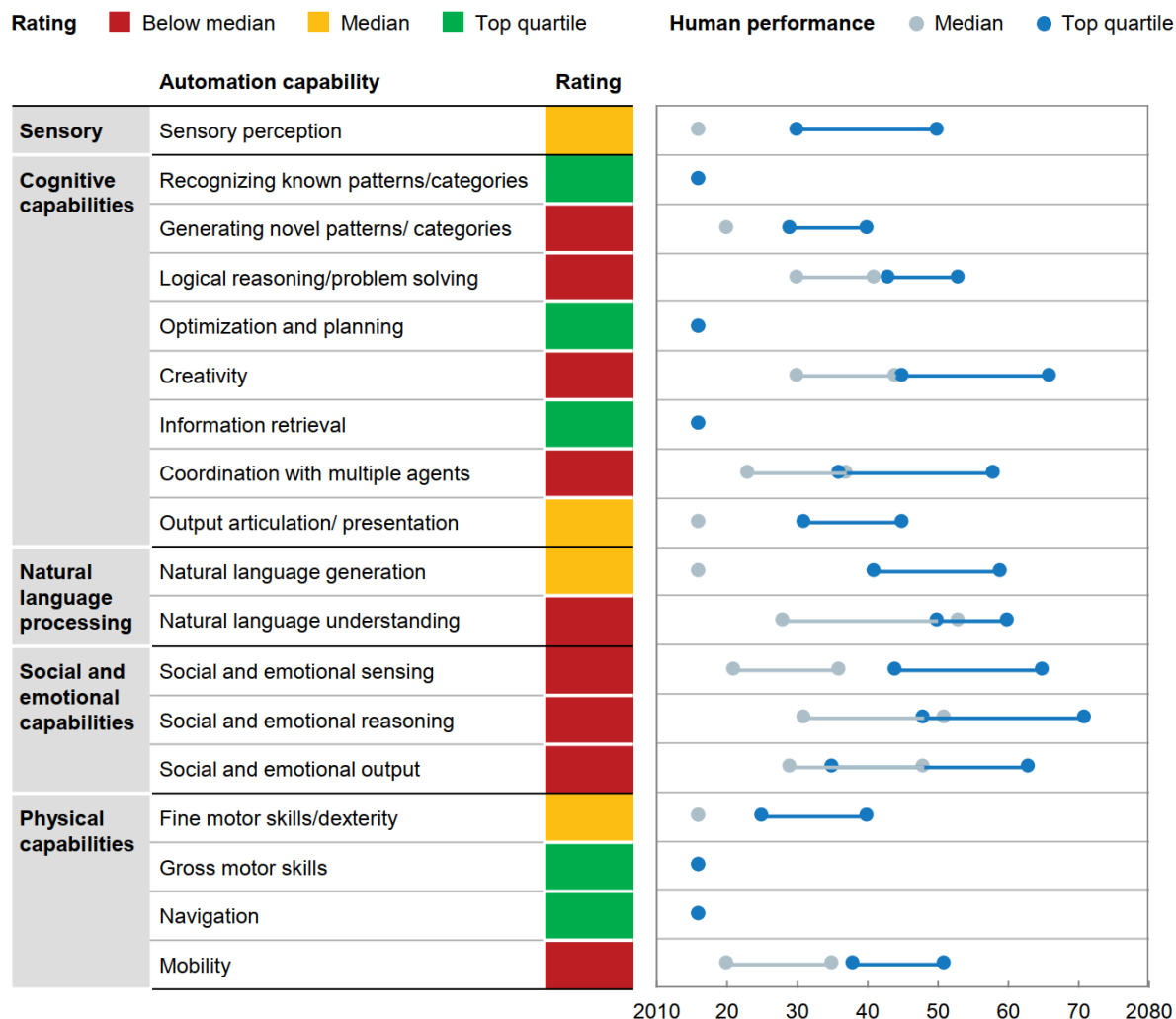
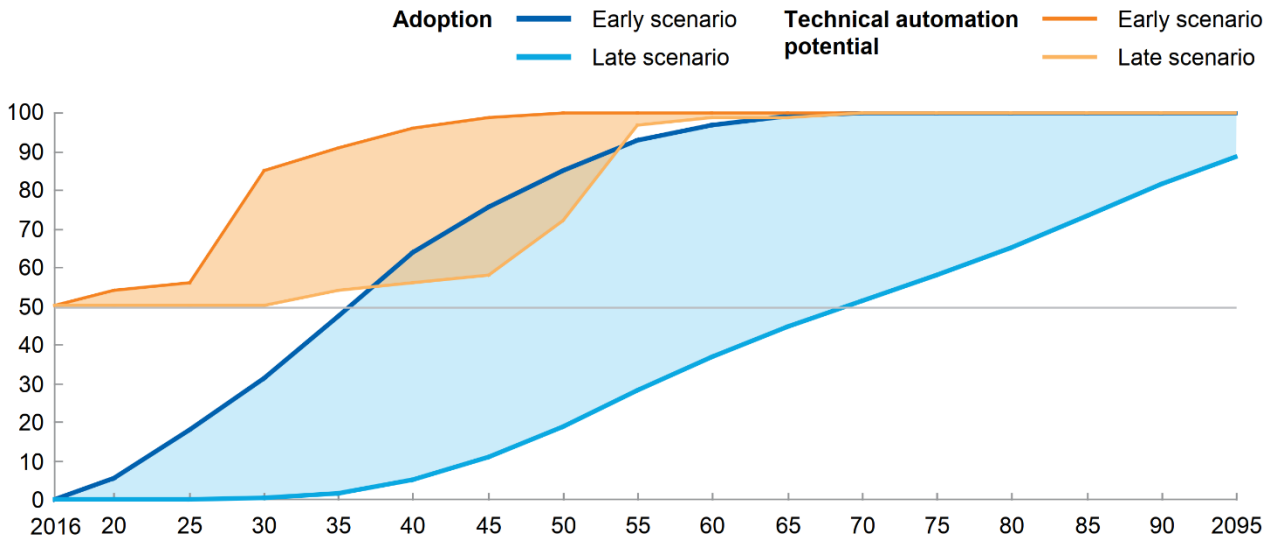


Figura 3.0.7 Intervalli di tempo stimati per raggiungere il massimo livello di performance in ogni capacità, Fonte: McKinsey Global Institute analysis

Secondo il MGI l'automazione sarà un processo globale che interesserà tutti i paesi, siano essi economie emergenti o avanzate. Utilizzando il modello appena presentato gli scenari possibili sono ovviamente infiniti, ai due estremi vi è da una parte lo scenario in cui il progresso tecnologico aumenta la sua velocità negli anni a venire e l'automazione sostituirebbe così più del 50 per cento delle ore lavorative in due terzi dei paesi, entro il 2036; dalla parte opposta vi è lo scenario, più conservativo, in cui almeno la metà di tutti i paesi saranno automatizzati per più del 50 per cento entro il 2066.

Possibili scenari di adozione dell'automazione basata su AI

Time spent on current work activities¹
%



¹ Forty-six countries used in this calculation, representing about 80% of global labor force.

Figura 3.0.8 Possibili scenari di adozione dell'automazione basata su AI, Fonte: McKinsey Global Institute analysis

Nei primi anni di adozione di massa dell'intelligenza artificiale, il modello prevede che l'impatto più sentito sarà nelle economie avanzate, in particolare Germania, Giappone e Stati Uniti. Questi paesi con salari elevati e grandi industrie possiedono già un alto potenziale di automazione basato sulle tecnologie esistenti e con il tempo il costo opportunità dell'impiego umano è destinato ad aumentare. Con l'espansione successiva dell'automazione in più paesi, l'impatto sarà particolarmente incisivo in Cina ed India, a causa della loro enorme forza lavoro. Inizialmente, il modello prevede che l'automazione andrà a colpire i lavoratori del settore manifatturiero e della vendita al dettaglio, a causa del loro elevato potenziale tecnico di essere automatizzati, ma nel lungo periodo l'impatto maggiore sarà nel settore dell'agricoltura, dove centinaia di milioni di cinesi e indiani sono ancora ad oggi impiegati.

L'adozione dell'automazione potrebbe essere inizialmente più rapida nelle economie avanzate rispetto a quelle emergenti, a causa dei livelli salariali e dei costi di integrazione della nuova tecnologia. Salari più elevati e la riduzione dei costi dell'hardware renderà probabilmente l'automazione economicamente redditizia nelle economie avanzate più rapidamente che nelle economie emergenti. In Giappone, negli Stati Uniti e nelle maggiori economie europee (Francia, Germania, Italia, Spagna e Regno Unito) ciò significherà una più rapida adozione in una serie di settori, in particolare nell'industria manifatturiera e nei servizi. Negli Stati Uniti,

ad esempio, il modello prevede che i servizi di produzione, vendita al dettaglio, assistenza sanitaria, trasporti, alloggio e ristorazione e i servizi amministrativi saranno tra i primi settori ad essere interessati. In termini di impatto sulla forza lavoro, i settori che impiegano un gran numero di lavoratori, come l'assistenza sanitaria, ne risentiranno anche se il loro tasso di adozione previsto (48 per cento) è inferiore a quello di altri settori ad alta adozione, come quello dei servizi di alloggio e di ristorazione (83 per cento nel 2036, secondo le previsioni meno conservative). Le tecnologie con capacità fisiche avanzate sono quelle che si renderanno disponibili per prime e saranno sempre più adottate in settori quali la produzione e la vendita al dettaglio. Poiché l'adozione in questi settori si avvicina al 100 per cento, il loro contributo ai tassi di adozione complessivi sarà quello più elevato. Una volta che la tecnologia per replicare le capacità cognitive e di comprensione del linguaggio naturale sarà stata sviluppata, i settori dei servizi a livello mondiale ne risentiranno e il ritmo e la portata dell'automazione generale aumenteranno, soprattutto nelle economie avanzate.

In Cina, India e in altre economie emergenti, i costi e i livelli salariali relativamente più bassi ritarderanno probabilmente l'adozione dell'automatizzazione. In particolare, l'automazione della produzione, che si basa in larga misura su attività fisiche prevedibili, richiederà soluzioni hardware che necessitano di notevoli investimenti di capitale iniziali. Questo è il più grande limite per l'adozione nelle economie emergenti: dato il minor costo della manodopera, fino a quando il costo delle soluzioni non scenderà drasticamente (almeno pari al livello salariale medio) gli investimenti non verranno effettuati.

Le economie emergenti potrebbero raggiungere un ritmo di automazione simile a quello delle economie avanzate se le soluzioni tecnologiche diventassero più economiche, possibilmente attraverso un'innovazione localizzata. L'adozione potrebbe inoltre essere accelerata da misure politiche favorevoli all'adozione, da una maggiore concorrenza e dalla mancanza di policy preesistenti in grado di frenare l'attuazione dell'automazione (per esempio politiche sindacali).

Nei settori in cui saranno necessarie soluzioni software per integrare le tecnologie di automazione, il ritmo dell'automazione nelle economie emergenti e in quelle avanzate potrebbe essere simile. Ad esempio, vengono previsti dal modello tassi simili di adozione nei settori finanziario e assicurativo, caratterizzati da un'elevata percentuale di elaborazione e raccolta dati, sia negli Stati Uniti che in Cina. Il software, che ha un costo marginale relativamente basso (se non nullo), rappresenta poco più della metà delle soluzioni di integrazione tecnologica necessarie nel settore della consulenza professionale, in cui la disparità salariale globale non è così pronunciata come in altri settori. Ad esempio, gli

architetti o i dipendenti delle grandi banche d'investimento nelle economie emergenti sono relativamente ben retribuiti. Inoltre, la distribuzione dei salari a livello mondiale è abbastanza simile per quanto riguarda il mercato immobiliare, le attività di locazione e leasing, l'assistenza sanitaria e l'assistenza sociale.

Nell'analizzare l'impatto potenziale dell'automazione sui lavoratori, vengono fatte una serie di ipotesi. Nel calcolo dell'impatto, basato sull'attuale numero di impiegati a tempo pieno in ogni settore, non viene presa in considerazione alcun possibile aumento del numero di lavoratori per settore o lo spostamento della forza lavoro da un settore all'altro. Inoltre, viene supposto che le tecnologie identificate emergeranno in tutto il mondo senza vincoli legali (brevetti marchi) e che saranno adottate solo quando diventeranno economicamente convenienti.

L'India ha un settore agricolo molto sviluppato, con circa 230 milioni di persone (51 per cento della forza lavoro). In Cina, su un totale di oltre 770 milioni di lavoratori, oltre 200 milioni lavorano nel settore agricolo. Considerando le dimensioni occupazionali di questo settore, anche un tasso relativamente basso di adozione dell'automazione, pari a circa il 10 per cento, potrebbe avere conseguenze significative sull'occupazione in entrambi i paesi. Sia in Cina che in India, l'impatto dell'automazione sull'occupazione potrebbe essere avvertito anche nei settori del commercio al dettaglio e della produzione, in quanto entrambi hanno un potenziale relativamente elevato di automazione e una notevole forza lavoro. Nei cinque principali paesi europei, il Giappone e gli Stati Uniti, l'impatto sull'occupazione sarà probabilmente ripartito su più settori, soprattutto nel caso in cui l'automazione su larga scala iniziasse relativamente presto.

3.3 Automazione: complementarità o sostituzione?

Come visto nei paragrafi precedenti lo sviluppo dell'intelligenza artificiale e l'adozione dell'automazione in molti settori produttivi comporterà con molta probabilità sia la nascita di nuovi lavori legati allo sviluppo e controllo delle nuove soluzioni tecnologiche, sia a un impatto negativo sull'occupazione dovuto alla sostituzione dell'uomo che si avrà in molte attività lavorative. Ciò che però è importante non è tanto l'analisi sterile del primo o del secondo effetto legato allo sviluppo dell'AI, quanto lo studio degli effetti finali che si avranno su occupazione e salari.

Stephen J. DeCanio (2017) desidera studiare la relazione fra robot (intelligenza artificiale) e il lavoro umano in termini di complementarità e sostituibilità. Per fare questo utilizza i dati del US Bureau of Labor Statistics, stimando la miglior distribuzione (Lognormale $\mu = 0.794$ e $\nu = 0.774$) che approssima i livelli di produttività nei diversi settori dell'economia americana.

Istogramma della produttività del lavoro nei settori dell'economia americana e la lognormale che meglio le approssima

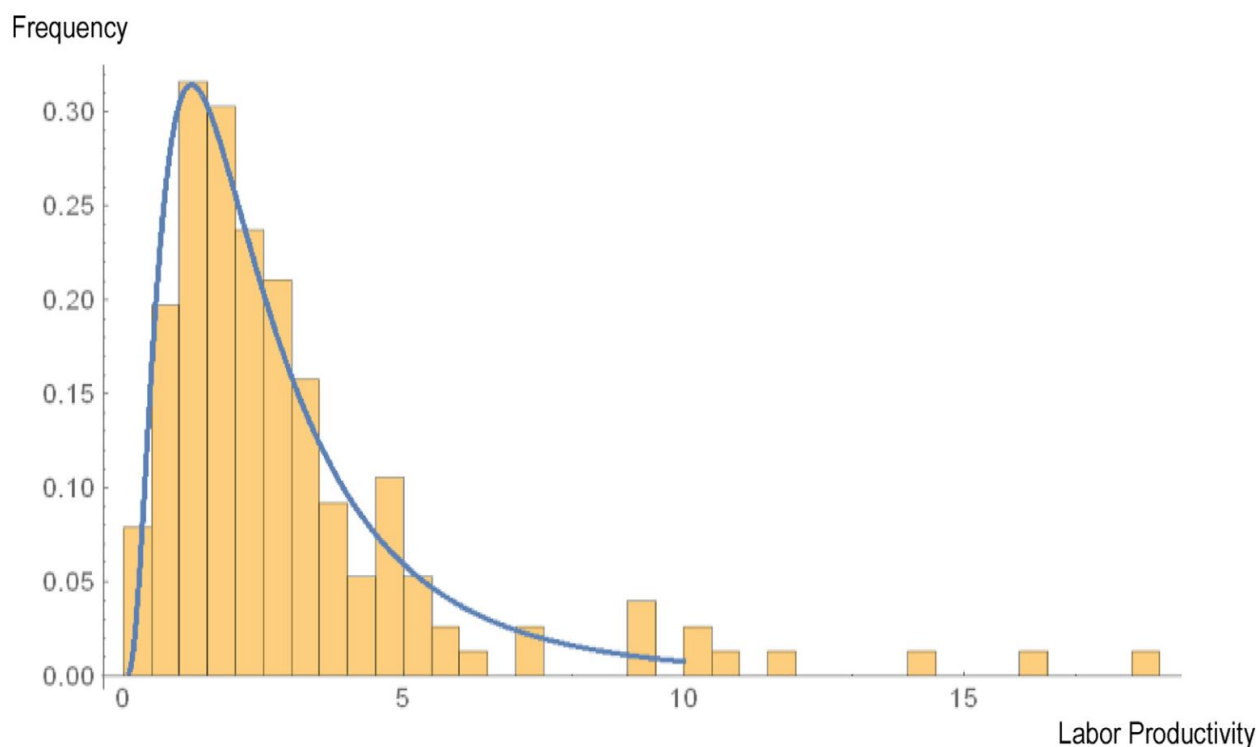


Figura 3.0.9 Istogramma della produttività del lavoro nei settori dell'economia americana e la lognormale che meglio le approssima, Fonte: US Bureau of Labor Statistics

Decanio decide di usare il metodo di Houthakker (1955) per evitare molti dei problemi che si hanno se si cerca di stimare l'elasticità definendo una funzione di produzione aggregata a tre input (catalogare il gran numero di asset di vario tipo, nonché i problemi essenzialmente impossibili di misurare i fattori immateriali fissi quali la capacità imprenditoriale e la struttura organizzativa). Le condizioni di Houthakker per l'esistenza di funzioni di produzione con un unico output omogeneo e un unico input variabile sono due: le diverse imprese hanno tutte funzioni di produzione Leontief (proporzioni fisse) e la distribuzione della produttività tra tali imprese rispetto all'input variabile è stabile. Non ci deve essere alcuna aggregazione di asset; i fattori fissi possono essere sostanzialmente ignorati mentre l'attenzione è focalizzata sulla distribuzione delle produttività degli input variabili. In questo studio, il lavoro umano e quello robotizzato sono combinati per comporre il singolo input variabile (composito) in modo che

l'attenzione possa essere focalizzata principalmente sulla sostituibilità tra lavoro umano e robotizzato.

Dopo aver definito la configurazione matematica del modello viene definita una funzione di produzione CES (Constant Elasticity of Substitution, con elasticità uomo-robot σ) e derivato il segno di $\frac{\partial w}{\partial M}$ dove w rappresenta il salario aggregato ed M il capitale dedicato al lavoro robotico. La conclusione a cui arriva Decanio è che, ceteris paribus, per valori non molto elevati di elasticità di sostituzione tra lavoro umano e robotico, la proliferazione di robot ridurrà i salari a livello aggregato. In particolare, viene suggerito un intervallo critico di σ : da 1,7 a 2,1, al disopra del quale il progresso tecnologico andrebbe a ledere i salari dei lavoratori in aggregato. Acemoglu e Autor (2012) riportano che l'elasticità di sostituzione tra laureati e non laureati era di circa 1,6 nel periodo 1963-1987 e 2,9 per il periodo 1963-2008. Resta da vedere se il divario di capacità tra l'uomo e l'intelligenza artificiale avanzata sarà maggiore o minore rispetto a quello tra i lavoratori con o senza istruzione universitaria. È importante fare una precisazione: secondo Decanio, questo risultato non implica necessariamente che l'aumento del capitale dedicato al lavoro robotico genererà necessariamente una riduzione del benessere dei lavoratori. Se l'offerta di lavoro sul mercato dipende positivamente dal salario, argomenta Decanio, la variazione salariale determinata da un aumento di M sarebbe in qualche modo attenuata, in quanto il calo del salario sarebbe compensato da una diminuzione volontaria dell'occupazione totale. L'autore sostiene che questo aumento della disoccupazione (o uscita della forza lavoro da parte di una porzione della popolazione) non è da considerarsi automaticamente negativa. La proliferazione dell'intelligenza artificiale infatti potrebbe spostare le preferenze dei lavoratori nella direzione di offrire meno lavoro al mercato per un dato salario, poiché robot potrebbero assumere alcuni dei compiti che oggi svolti da molti lavoratori. Ad esempio, la disponibilità di robot per la casa a basso costo potrebbe ridurre la necessità di guadagnare denaro per noleggiare servizi di pulizia degli alloggi o di assistenza agli anziani.

3.4 Risposte di policy

L'automazione basata sull'intelligenza artificiale trasformerà profondamente l'economia nei prossimi anni. La sfida per i policymaker sarà di aggiornare, rafforzare ed adattare le leggi per rispondere agli effetti economici dell'AI. Nonostante sia difficile predire con accuratezza questi effetti l'analisi dei capitoli precedenti suggerisce che i policy maker, nel disegnare e

implementare politiche che possano trarre nella maniera migliore i benefici legati allo sviluppo di nuove soluzioni tecnologiche, debbano concentrarsi principalmente su cinque effetti economici: il contributo all'aumento della produttività aggregata; il cambiamento nelle competenze richieste dal mercato del lavoro; la distribuzione eterogenea dell'impatto che lo sviluppo dell'AI avrà sui diversi settori, sui livelli di reddito, di educazione e sui tipi di lavoro; il cambiamento del mercato del lavoro dovuto all'eliminazione di alcuni lavori e alla creazione di altri; le conseguenze della perdita del lavoro per alcuni lavoratori sia nel breve che nel lungo periodo.

Vi è incertezza circa l'entità di tali effetti e la rapidità con cui si manifesteranno. Alla luce delle informazioni disponibili, non è possibile effettuare delle previsioni specifiche, pertanto i policy maker dovranno essere preparati ad una serie di potenziali sviluppi. Certe professioni, come i conducenti e i cassieri, dovranno probabilmente affrontare uno spostamento o una ristrutturazione dei loro posti di lavoro attuali, il che, in assenza di nuove misure politiche, porterà milioni di lavoratori ad affrontare difficoltà economiche almeno nel breve periodo. Poiché gli effetti dell'automazione indotta da intelligenza artificiale si faranno sentire probabilmente sull'intera economia e sarà difficile prevedere quali saranno i settori con il maggiore impatto, le risposte politiche devono estendersi all'intera economia.

3.4.1 Possibili strategie degli Stati Uniti

L'ufficio esecutivo del presidente degli Stati Uniti (Executive Office of the President, EOP) nel report del 2016 "Artificial Intelligence, Automation, and the Economy" ha stilato delle possibili risposte di policy ai problemi precedentemente delineati. La prima strategia suggerita dall'EOP è quella di investire nello sviluppo dell'intelligenza artificiale per poter trarne i numerosi benefici. In particolare, vengono suggeriti degli investimenti pubblici per sviluppare soluzioni AI nel campo della difesa dal cyberterrorismo e dal rilevamento di frodi. Inoltre, viene posta enfasi sullo sviluppo di una forza lavoro specifica ed eterogenea per l'AI composta da tre categorie di lavoratori: ricercatori, specialisti ed utenti. Infine, questa strategia prevede il supporto della competitività dei mercati al fine di raggiungere costi minori e di aumentare la qualità dei prodotti esistenti. Per quanto riguarda la competitività viene posta particolare attenzione alle start-up in quanto considerate fondamentali per i salti in termini di innovazione.

La seconda strategia consiste nell'educare e formare gli Americani del futuro. Dato che lo sviluppo dell'intelligenza artificiale comporterà importanti cambiamenti nel mercato del lavoro l'EOP ritiene che educare la gioventù sia fondamentale. In particolare, viene posta attenzione nei primi anni educativi, che sono ritenuti fondamentali per la formazione di un individuo capace di interagire con l'intelligenza artificiale. Inoltre, viene posta attenzione al miglioramento delle scuole superiori (high school) in particolare nei loro attributi infrastrutturali. Un grande problema in America è l'eccessivo costo di un'educazione universitaria per molte famiglie. Per questo motivo l'EOP propone di dare una borsa di studio per i primi due anni di college agli studenti che preformano meglio alle superiori.

La terza strategia consiste nell'aiutare i lavoratori nella fase di transizione e di conferirgli più potere contrattuale. Per fare questo si ipotizza un rafforzamento (e nei casi necessari una sostituzione) dei sistemi critici di supporto sociale come l'assicurazione disoccupativa, Medicaid, Supplemental Nutrition Assistance Program (SNAP) e Temporary Assistance for Needy Families (TANF). Inoltre, con l'aumento previsto del lavoro a tempo ridotto e con una forza lavoro sempre più mobile (gli individui non trascorrono più l'intera carriera in un'unica azienda), i policy maker dovranno garantire che i lavoratori possano accedere alla pensione, all'assistenza sanitaria e ad altri benefici, indipendentemente dal fatto che li ricevano o meno sul posto di lavoro. Altre policy suggerite sono: aumentare il salario minimo, migliorare la retribuzione delle ore di lavoro straordinarie, rafforzare i sindacati, fornire ai lavoratori un migliore orientamento per la transizione da un lavoro all'altro, e modernizzare il sistema di tassazione aumentandone la progressività e migliorando i sistemi di credito (come Earned Income Tax Credit e Child Tax Credit)

3.4.2 Tassare i robot e la shared economy

Lo sviluppo dell'AI potrebbe rivelarsi diverso dai precedenti cambiamenti tecnologici per quanto riguarda i suoi effetti sul mercato del lavoro. Questa diversità è dovuta al fatto che queste nuove tecnologie hanno la capacità di replicare qualcosa che prima era esclusivo dell'essere umano: l'intelligenza. Come si è visto nei precedenti capitoli, da tempo si temeva che la tecnologia (le macchine, le linee di assemblaggio e poi i robot) avrebbe sostituito gran parte del lavoro umano, ma l'automazione basata sull'intelligenza artificiale presenta caratteristiche uniche che possono consentirle di sostituire una quantità sostanziale di attività cognitive routinarie in cui in precedenza l'uomo manteneva un netto vantaggio competitivo. Le primissime innovazioni tecnologiche, come la ruota e la leva, hanno permesso agli esseri

umani di fare di più sostituendo o aumentando la forza fisica. Le innovazioni successive hanno permesso di lavorare più velocemente o in modo più efficiente. I computer hanno permesso che i calcoli o il riconoscimento dei pattern avvengano più velocemente e migliorino la capacità dell'uomo di pensare o ragionare. L'intelligenza artificiale, tuttavia, può consentire alle macchine di funzionare senza l'ausilio dell'uomo in modo tale da cambiare radicalmente la natura della produzione e del lavoro. Può darsi che la questione non sia più quale segmento della popolazione dovrà adattarsi all'utilizzo di una nuova tecnologia, ma se la nuova tecnologia avrà bisogno degli esseri umani, o se l'intelligenza artificiale li sostituirà completamente. Le abilità in cui gli esseri umani hanno mantenuto un vantaggio competitivo sono destinate a ridursi con il tempo man mano che l'intelligenza artificiale e le nuove tecnologie diventano più sofisticate. Il cambiamento tecnologico indotto dalle intelligenze artificiali potrebbe portare a disparità di reddito ancora maggiori tra i proprietari di capitale e la classe lavorativa. Ad esempio, Brynjolfsson e McAfee (2014) sostengono che le attuali tendenze del mercato del lavoro, come la riduzione dei salari nonostante ci sia un aumento della produttività, siano indicative del cambiamento più drastico che si verificherà nella distribuzione della ricchezza in futuro.

I vantaggi della nuova tecnologia andranno a beneficio di una parte ancora più piccola della società rispetto ai soli lavoratori altamente qualificati. La natura stessa del mercato delle tecnologie dell'informazione fa sì che i pochi "fortunati" possano emergere come vincitori del mercato. Ciò aggraverebbe l'attuale tendenza nella disparità del reddito mostrata da Piketty e Saez (2003).

**Porzione del reddito guadagnato dal 0,01% più ricco della popolazione dal 1913 al 2015
(compreso il reddito da capitale)**

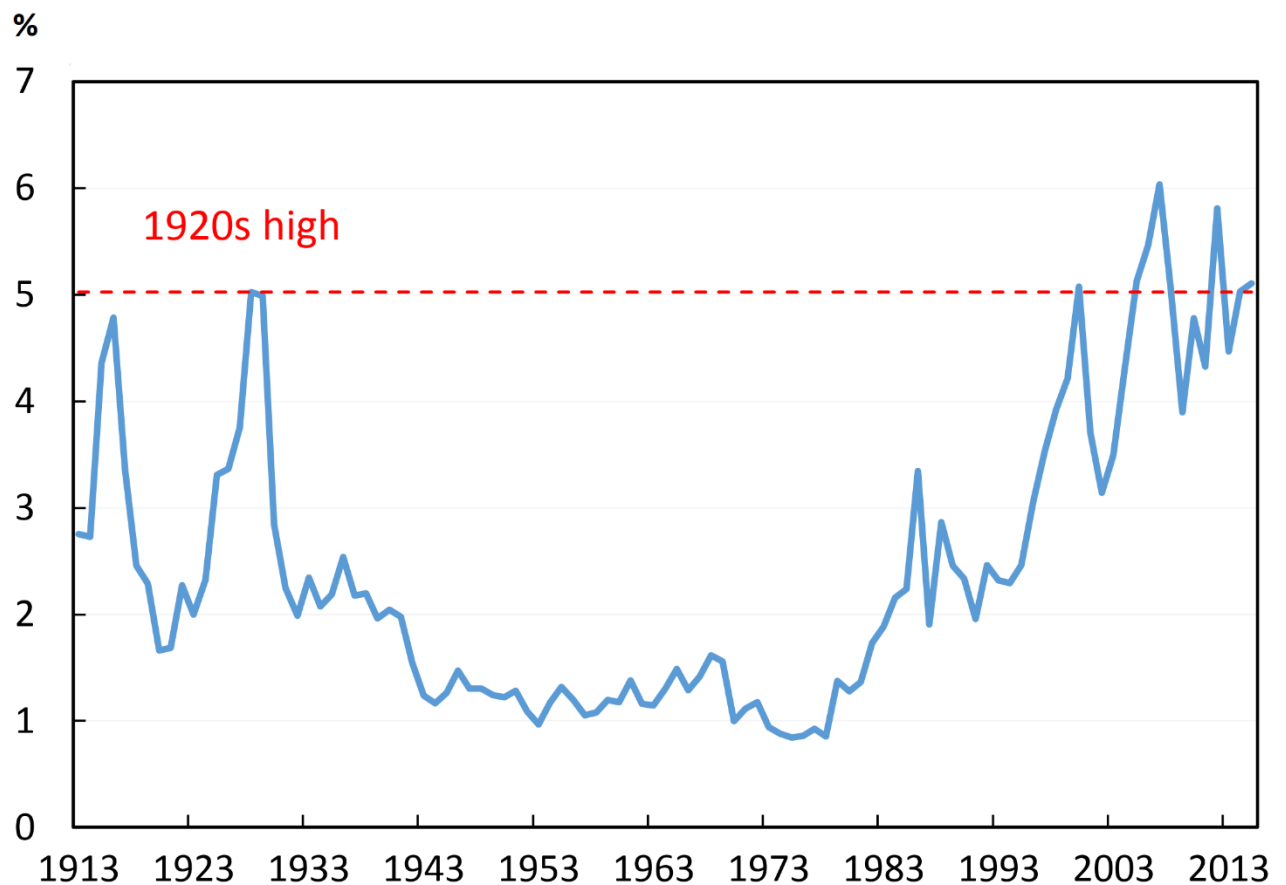


Figura 3.10 Porzione del reddito guadagnato dal 0,01% più ricco della popolazione dal 1913 al 2015 (compreso il reddito da capitale), Fonte: Piketty e Saez, dati aggiornati a Giugno 2016

Teoricamente, l'automazione basata sull'intelligenza artificiale potrebbe comportare perturbazioni più che temporanee del mercato del lavoro e ridurre drasticamente il fabbisogno di lavoratori. Se non c'è bisogno di lavoro umano nel processo di produzione, la società può avere bisogno di trovare un approccio alternativo all'allocazione delle risorse diverso dalla compensazione per il lavoro, che richiede un cambiamento fondamentale nel modo in cui le economie sono organizzate. Le soluzioni che più frequentemente si sentono quando ci si pone davanti a questo problema sono la tassazione dei robot e la shared economy.

Recentemente (2017) il fondatore di Microsoft Bill Gates, in un'intervista a Quartz, ha espresso la sua preoccupazione per quanto riguarda i possibili effetti negativi dell'automazione su occupazione e distribuzione della ricchezza. In quest'intervista propone di tassare il lavoro robotico per permettere non solo di non perdere uno strumento fondamentale del finanziamento pubblico, ovvero la tassazione del reddito da lavoro, ma anche per finanziare il ricollocamento dei lavoratori rimpiazzati. Guerreiro et al. (2018) esplorano i vari scenari di tassazione robotica usando un modello macroeconomico microfondato che suddivide i lavoratori in routinari e non. I loro risultati rivelano come, senza

modifiche all'attuale sistema fiscale statunitense, una significativa riduzione dei costi di automazione porterebbe ad un aumento massiccio delle disuguaglianze di reddito. Anche se i lavoratori routinari mantenessero il posto di lavoro, il loro salario diminuirebbe per essere competitivo con la produzione automatizzata. Le disuguaglianze di reddito potrebbero essere ridotte aumentando le aliquote marginali d'imposta pagate dagli individui con reddito elevato e tassando i robot per aumentare i salari dei lavoratori di routine, ma questa soluzione comporta una sostanziale perdita di efficienza. Un'imposta sul reddito alla Mirrlees può ridurre le disuguaglianze mantenendo un costo in termini di efficienza più ridotto, avvicinandosi ai livelli di benessere sociale ottenuti nella allocazione di first-best (di un planner con informazione perfetta). Purtroppo, questo sistema fiscale è piuttosto complesso e quindi difficile da attuare. Un approccio alternativo individuato dai ricercatori consiste nel modificare il sistema fiscale per includervi un rimborso indipendente dal livello di reddito. Nel modello con questo rimborso, è desiderabile tassare i robot per valori di costo dell'automazione che portino ad un'automazione parziale. Per i valori di costo che portano alla completa automazione, la soluzione ottimale è di non tassare il lavoro robotico. Pertanto, se si arrivasse a dei costi tali per cui sarebbe conveniente la completa automazione i lavoratori routinari perderebbero il posto di lavoro e vivrebbero esclusivamente di trasferimenti pubblici (se non riescono a riqualificarsi).

Con il progresso tecnologico le capacità dall'intelligenza artificiale cresceranno portando con il tempo ad una riduzione dei salari (e probabilmente dell'occupazione). Ciò aumenterà la disuguaglianza in termini di ricchezza a meno che i rendimenti del lavoro robotico non siano distribuiti omogeneamente tra la popolazione. Questa distribuzione potrebbe verificarsi in un sistema definito di "shared market economy" in cui la proprietà del capitale (compreso il capitale AI) è ampiamente distribuita (si veda Murphy, 2009). Martin Ford (2009) prevede una graduale transizione verso un'economia automatizzata in cui il consumo è in gran parte indipendente dalla partecipazione individuale alla produzione (cioè al mercato del lavoro), è tuttavia difficile capire come tale distribuzione diffusa dei rendimenti dei beni robotizzati possa essere ottenuta. I regimi fiscali e di redistribuzione su vasta scala hanno effetti negativi sullo sforzo dei lavoratori nel cercare un'occupazione e sull'innovazione. Inoltre, come accennato in precedenza, le persone traggono soddisfazione e realizzazione nel proprio lavoro. Allo stesso tempo, non è facile immaginare politiche che possano indurre gli individui ad investire in attività robotiche (o in altre forme di capitale) in modo non coercitivo. Ampie fasce della popolazione hanno risparmi scarsi o nulli, e ricerche recenti (Bisin, Lizzeri, e Yariv, 2015, p. 1712) suggeriscono che se ci sono cittadini che non sono in grado di

controllare il proprio budget tenendo conto del reddito e consumo futuro questo tipo di politiche può avere degli effetti catastrofici (ammesso che le policy sono endogene).

Essenzialmente, i politici che fanno appello “alla pancia” dei votanti hanno un incentivo (e la capacità) di utilizzare il debito pubblico per contrastare qualsiasi tentativo di costringere i consumatori ad assumersi impegni di risparmio (o di investimento). Alla luce di tutto ciò che è stato detto pare che il concetto di shared economy sia di difficile applicazione.

Conclusione

Sono molti i motivi per cui è lecito aspettarsi che la sostituzione dei lavoratori con l'avvento dell'automazione AI non sarà simile alle rivoluzioni tecnologiche del passato. I policy maker dovranno porre molta attenzione alle dinamiche del mercato del lavoro negli anni a venire ed intervenire quando necessario soppesando gli interessi dei lavoratori e dei datori di lavoro.

Le evidenze empiriche sono ancora insufficienti per determinare in maniera definitiva se una grossa parte dell'occupazione odierna sarà sostituita temporaneamente o definitivamente.

David Autor, ritenuto uno dei più importanti economisti per quanto riguarda l'economia del lavoro, in un suo discorso al TEDx di Cambridge, spiega perché ritiene che l'automazione AI non porterà ad alti livelli di disoccupazione. Molti dei settori in cui si lavora oggi, argomenta Autor, come il settore sanitario, finanziario, assicurativo, elettronico e informatico, un secolo fa non esistevano o erano insignificanti. Molti dei prodotti che rappresentano una porzione importante del consumo, come climatizzatori, SUV, computer e smartphone, non esistevano un secolo fa. Più l'automatizzazione ci libera del tempo e aumenta ciò che è possibile realizzare, più inventiamo nuovi prodotti, idee e servizi che attirano la nostra attenzione, ci occupano il tempo e spingono il consumo. Il lavoratore medio nel 2015 che voleva ottenere il tenore di vita medio del 1915 poteva farlo lavorando solo 17 settimane all'anno. Ma la maggior parte sceglie di non farlo perché è disposta a lavorare per godere dell'abbondanza tecnologica a propria disposizione. L'abbondanza materiale non ha eliminato mai la carenza percepita. Le previsioni odierne di esaurimento del lavoro, continua Autor, hanno un'arroganza simile a quelle del passato, poiché scommettono contro l'ingegnosità umana che è sempre riuscita a sorprenderle.

Che si sia d'accordo con quest'opinione o meno l'errore più grande (e a mio parere di altrettanta arroganza) che si può commettere è di non essere organizzati e preparati per dei grossi cambiamenti futuri.

Numero Parole: 12985

Bibliografia

- ACEMOGLU, D. (2012). *What does human capital do? A review of Goldin and Katz's The race between education and technology*. Journal of Economic Literature, 50(2), 426-63.
- ACEMOGLU, D., & AUTOR, D. (2011). *Skills, tasks and technologies: Implications for employment and earnings*. In Handbook of labor economics (Vol. 4, pp. 1043-1171). Elsevier.
- AUTOR, D. H., LEVY, F., & MURNANE, R. J. (2003). *The skill content of recent technological change: An empirical exploration*. The Quarterly journal of economics, 118(4), 1279-1333.
- AUTOR, D., & SALOMONS, A. (2018). *Is automation labor-displacing? Productivity growth, employment, and the labor share*. Brookings Papers on Economic Activity.
- BARRAT, J. (2013). *Our final invention: Artificial intelligence and the end of the human era*. Macmillan.
- BISIN, A., LIZZERI, A., & YARIV, L. (2015). *Government policy with time inconsistent voters*. American Economic Review, 105(6), 1711-37.
- BLANCHARD, O. J., DIAMOND, P., HALL, R. E., & YELLEN, J. (1989). *The beveridge curve*. Brookings papers on economic activity, 1989(1), 1-76.
- BRYNJOLFSSON, E., & MCAFEE, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. WW Norton & Company.
- COST., 1 Gennaio 1948, art. 1
- DECANIO, S. J. (2016). *Robots and humans—complements or substitutes?* Journal of Macroeconomics, 49, 280-291.
- FORD, M. R. (2009). *The lights in the tunnel: Automation, accelerating technology and the economy of the future*. Acculant Publishing.
- GHAYAD, R., & DICKENS, W. T. (2012). *What can we learn by disaggregating the unemployment-vacancy relationship?*. Federal Reserve Bank of Boston.
- GRACE, K., SALVATIER, J., DAFOE, A., ZHANG, B., & EVANS, O. (2018). *When Will AI Exceed Human Performance? Evidence from AI Experts*. Journal of Artificial Intelligence Research, 62, 729-754.

- GUERREIRO, J., REBELO, S., & TELES, P. (2017). *Should Robots be Taxed?* (No. w23806). National Bureau of Economic Research.
- HANSEN, A. H., ROGERS, J. H., & HARVARD, S. (1939). *Full recovery or stagnation*. W.W. Norton & Co.
- HOUNSHELL, D. (1985). *From the American system to mass production, 1800-1932: The development of manufacturing technology in the United States* (No. 4). JHU Press.
- HOUTHAKKER, H. S. (1955). *The Pareto distribution and the Cobb-Douglas production function in activity analysis*. *The Review of Economic Studies*, 23(1), 27-31.
- JAIMOVICH, N., & SIU, H. E. (2012). *The trend is the cycle: Job polarization and jobless recoveries* (No. w18334). National Bureau of Economic Research.
- KATZ, L. F., & MURPHY, K. M. (1992). *Changes in relative wages, 1963–1987: supply and demand factors*. *The quarterly journal of economics*, 107(1), 35-78.
- KEYNES, J. M. (2010). *Economic possibilities for our grandchildren*. In *Essays in persuasion* (pp. 321-332). London: Palgrave Macmillan.
- KURZWEIL, R. (2000). *The age of spiritual machines: When computers exceed human intelligence*. Penguin.
- KURZWEIL, R., & GROSSMAN, T. (2005). *Fantastic voyage: live long enough to live forever*. Rodale.
- MANYIKA, J., CHUI, M., MIREMADI, M., BUGHIN, J., GEORGE, K., WILLMOTT, P., & DEWHURST, M. (2017). *A Future that Works: Automation, Employment, and Productivity*. McKinsey Global Institute.
- MILL, J. S., 1848 [1929]. *Principles of Political Economy*. London: Longmans, Green and Co
- MOKYR, J., VICKERS, C., & ZIEBARTH, N. L. (2015). *The history of technological anxiety and the future of economic growth: Is this time different?*. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 31-50.
- MOORE, G. E. (2006). *Cramming more components onto integrated circuits.*, Reprinted from *Electronics*, volume 38, number 8, April 19, 1965, pp. 114 ff. *IEEE Solid-State Circuits Society Newsletter*, 11(3), 33-35.
- PIKETTY, T. (2015). *About capital in the twenty-first century*. *American Economic Review*, 105(5), 48-53.

RICARDO, D. (1817). *On the principles of political economy and taxation*. London: John Murray.

RIFKIN, J. (2014). *The zero marginal cost society: The internet of things, the collaborative commons, and the eclipse of capitalism*. St. Martin's Press.

ROOS, C. F. (1934). *Dynamic economics: theoretical and statistical studies of demand, production and prices* (No. 338.52 ROO).

SMITH, A. (1950) [1776]. *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. Methuen.

STEUART, J., 1767. *An Inquiry into the Principles of Political Economy*. London: Printed for A. Millar, and T. Cadell

UNITED STATES. EXECUTIVE OFFICE OF THE PRESIDENT. (2016). *Artificial intelligence, automation, and the economy*.