

Indice

1	Fondamenta del modello	6
1.1	Letteratura	6
1.2	Modello base	8
2	Tecnologia in sostituzione al lavoro umano	11
2.1	Tecnologia nel ventunesimo secolo	11
2.2	Cosa si intende con il termine Tecnologia	14
3	Implementazione del modello	19
3.1	Composizione del lavoro	19
3.1.1	Probabilità di sostituzione tecnologica	20
3.1.2	Quota di lavoro non sostituibile	23
3.2	Forza motrice	24
3.2.1	Codice Dynare	26
3.3	Limiti, evidenze ed ipotesi	28
4	Effetto sulle variabili aggregate	31
A	Descrizione del modello base	45
A.1	Equazioni del modello base	46

Introduzione

La presente tesi contiene la codificazione di un modello macroeconomico sviluppato in Dynare, il quale, a partire da un elaborato di Eggertsson G. e Mehrotra N. (2014) intitolato "A Model of Secular Stagnation", attraverso l'introduzione di alcune modifiche, tenta di quantificare ed analizzare l'effetto prodotto sulle principali variabili macroeconomiche dalla sostituzione di forza lavoro umana con forza lavoro tecnologica. I dati utilizzati nel procedimento di calcolo sono quelli riguardanti gli Stati Uniti d'America nell'arco temporale compreso tra il 1977 e il 2015. Come emerge da andamenti storici, osservabili nelle Figure 1 e 2, quello preso in considerazione è stato un periodo di enorme proliferazione economica che ha visto il PIL incorrere in una crescita esponenziale, in particolar modo dai primi anni del 2000 e successivamente dal 2010 in avanti. Accanto ad esso, il tasso di interesse reale ha invece seguito l'andamento opposto, arrivando nel 2012 ad toccare la soglia dello zero per poi approdare in campo negativo. E' in questo quadro globale che il reparto tecnologico ha cominciato a ricoprire un ruolo sempre più rilevante all'interno della società. In particolar modo a cavallo tra i due secoli, quando, con l'avvento di internet e tassi di interesse prossimi al 3% le aspettative e, di conseguenza, gli investimenti nel suddetto ambito erano tali da generare ingenti profitti, tanto da provocare anche lo scoppio della bolla delle cosiddette Dot-com. Da lì in avanti il processo di innovazione ha permesso di innalzare i livelli produttivi a

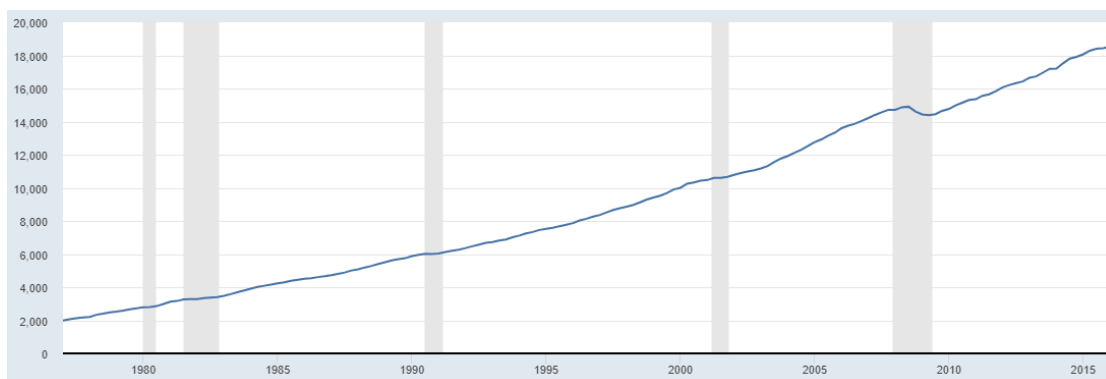


Figura 1: Andamento PIL statunitense dal 1970 al 2015.

Fonte: *Federal Reserve Economic Data*.

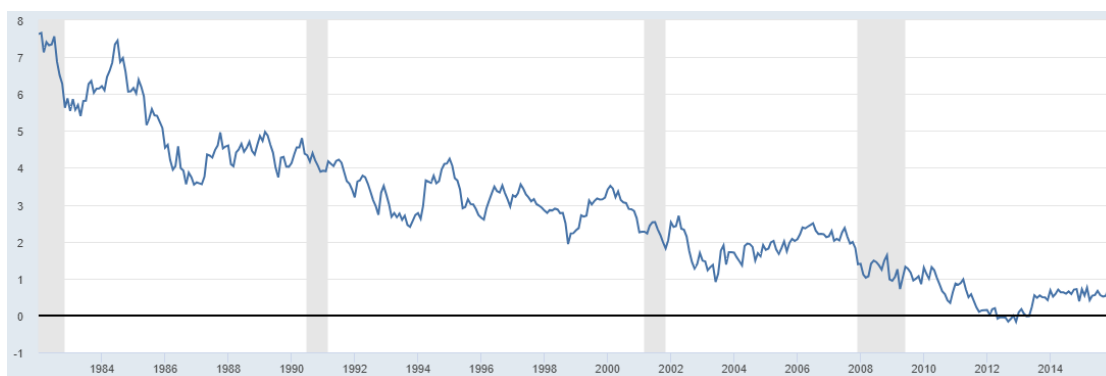


Figura 2: Andamento del tasso di interesse reale statunitense dal 1980 al 2015.

Fonte: *Federal Reserve Economic Data*.

standard quantitativi e qualitativi mai raggiunti nel giro di pochissimi anni. Le macchine hanno cominciato ad essere sempre più utilizzate dalle imprese e il loro ruolo è passato dall'essere semplicemente complementare ad indispensabile a tutti gli effetti.

Ad oggi i compiti possibilmente attuabili da un automa sono quasi del tutto equiparabili a quelli di un qualunque lavoratore. Si è quindi giunti a domandarsi se l'uomo non sia davvero diventato marginale all'interno del suo stesso sistema ed è proprio su tale questione che si intende rivolgere l'attenzione in questo elaborato. Attraverso l'introduzione di nuove variabili e parametri inerenti al concetto

di sostituzione della forza lavoro si andranno infatti ad esaminare gli effetti prodotti sulle principali grandezze macroeconomiche così da poter fornire una chiave di lettura della situazione odierna.

Capitolo 1

Fondamenta del modello

1.1 Letteratura

A differenza di quanto si possa immaginare non sono frequenti i casi in cui si è tentato di implementare un modello rappresentante un sistema economico ben definito con una componente esplicativa della tecnologia. Questo accade perché risulta essere assai complicato prendere in esame i singoli aspetti su cui tale variabile riesce ad esercitare la sua influenza.

Volendo fare un'analisi approfondita della questione bisognerebbe almeno considerare la sfera produttiva e quella demografica delineando, da un lato, la composizione della forza lavoro e la definizione della TFP (Total Factor Productivity) come variabile endogena e cercando di distinguere, dall'altro, il grado di istruzione dei soggetti e l'effetto prodotto dalla disoccupazione sugli stessi. Nell'elaborazione di questo modello il focus è stato posto unicamente sull'ambito produttivo, andando ad intervenire direttamente sulla funzione di produzione e sulla composizione del lavoro stesso in modo da poter fornire un'idea circa l'effetto che potrebbe generare una forza lavoro composta maggiormente da sistemi tecnologici piuttosto

che da esseri umani.

Il punto di partenza è stata una normale funzione di produzione a due variabili (Capitale e Lavoro) e ad elasticità di sostituzione costante (CES) già utilizzata nel modello base (Eggertsson et al., 2014; Acemoglu & Restrepo, 2019). Da qui, l'idea di scindere in due la variabile Lavoro in modo da ottenere una quota di lavoro sostituibile dalla tecnologia e una non sostituibile ricalcando l'ipotesi della presenza di manodopera computerizzabile e non (Brynjolfsson & Hitt, 1995). Per fare ciò, seguendo l'esempio di Eloundou et al. (2023), è stato necessario suddividere i singoli mestieri¹ e attribuire a ciascuno di essi una propria probabilità di essere effettivamente sostituito (Frey & Osborne, 2017). Grazie all'operato di Frey e Osborne si è entrati in possesso di un dettagliato quadro del binomio occupazione e tecnologia nell'anno 2015. E' stato così possibile delineare una nuova composizione del fattore lavoro in grado di considerare al suo interno l'apporto operativo della tecnologia. Tale variabile, così definita, risultava però inefficace in termini di effetto generato sul prodotto aggregato.

Analizzando il caso di Decker (2016) inserito all'interno della letteratura correlata² si è quindi passati all'utilizzo di due funzioni di produzione CES: una atta a combinare la forza lavoro umana con quella tecnologica e l'altra finalizzata a generare il normale reddito aggregato. Questo secondo metodo, così strutturato, ha permesso di riprodurre in maniera più accurata il modello di partenza, fornendo dei risultati coerenti con lo stesso e soprattutto empiricamente dimostrabili.

¹Dati sui singoli mestieri provenienti da US. Bureau of Labor Statistics.

²Il caso in questione sfrutta la presenza di una funzione CES su due livelli, in grado quindi di distinguere il lavoro umano da quello robotico e, allo stesso tempo, di suddividere quello umano in relazione al grado di abilità da esso richiesto.

1.2 Modello base

L'intero elaborato pone le sue radici nel lavoro svolto da Gauti B. Eggertsson, Neil R. Mehrotra e Jacob A. Robbins ripreso ed ottimizzato successivamente da F. Giri e A. Crescentini e intitolato: "A Model of Secular Stagnation: Theory and Quantitative Evaluation" (Eggertsson et al., 2014; Crescentini & Giri, 2023). Questo studio formalizza e quantifica le ipotesi di stagnazione secolare utilizzando un particolare modello quantitativo del ciclo di vita di un'economia e calibrando i parametri in relazione ai dati statunitensi dal 1970 al 2015 (Eggertsson et al., 2014).

Come è facile immaginare, il tema centrale su cui si focalizzano i due lavori differisce notevolmente. Il modello base ha infatti lo scopo di analizzare la dinamica dell'output e dell'inflazione in un quadro macroeconomico di persistenti tassi naturali bassi o addirittura negativi, mentre il caso in questione, si prefigge di fornire una chiave di interpretazione dello sviluppo tecnologico in sostituzione al lavoro umano. A prescindere dall'oggetto di analisi, si ritiene però di fondamentale importanza illustrare, seppur in minima parte, l'impostazione quantitativa proposta da Eggertsson così da poter fare chiarezza sulle modifiche effettuate. Per quanto riguarda la simbologia utilizzata si farà riferimento alla Tabella 1.1³.

Partendo dall'aspetto demografico il già citato "life cycle model" prevede tre tipologie di Household (soggetti detentori di ricchezza): giovani, adulti e anziani. Semplificando un pò la questione, si potrebbe dire che i primi prendono a prestito risorse dai secondi, i secondi dai terzi mentre risparmiano per il pensionamento e gli ultimi consumano tutto ciò che è in loro possesso⁴. Ogni soggetto appartenente

³Tabella completa in Appendice A.

⁴Per esempio, la funzione di consumo degli adulti è composta dal loro reddito disponibile (sia salariale che da impresa), più il prestito ottenuto, meno il prestito che devono concedere ai

alle suddette categorie cerca di massimizzare la sua funzione di utilità⁵ in relazione al proprio livello di consumo e al limite di indebitamento a cui deve sottostare. Tale limite è fissato tenendo conto del tasso di interesse reale, il quale è strettamente correlato alla capacità del soggetto in questione di ripagare il debito contratto. Inoltre, potendo offrire ed ottenere prestiti, gli individui contribuiscono a generare un mercato di domanda e offerta degli stessi che culmina col mettere in relazione fattori di natura demografica con altresì componenti di natura finanziaria. Ne consegue infatti che, una diminuzione dei tassi di fertilità e mortalità porta ad una diminuzione del tasso di interesse reale dovuta alla necessità di offrire un maggiore stimolo all'investimento.

I soggetti entrano all'interno del sistema all'età di ventisei anni e ne escono ad ottantuno dopo un pensionamento di sedici anni. Ad ognuno di essi è attribuita una certa probabilità di sopravvivenza che si ripercuote sulla singola funzione di utilità e, la loro possibilità di consumare, è determinata sia da entrate di tipo salariale che provenienti da reddito da capitale⁶.

Dal lato dell'offerta aggregata, si hanno invece una serie di imprese "price taker" che operano in concorrenza perfetta cercando di massimizzare il proprio profitto dato dalla differenza tra ricavi della produzione e costi del fattore lavoro. Queste imprese utilizzano capitale al tasso r e assumono lavoratori pagando un salario w , il quale viene considerato flessibile e variabile in relazione all'andamento della produzione ottenuta e del lavoro utilizzato.

giovani: $C_{t+1}^a = \frac{W_{t+1}}{P_{t+1}}L_{t+1} + \frac{PI_{t+1}}{P_{t+1}} - (1+r_t)B_t^g + B_{t+1}^a$

⁵La funzione di utilità totale in un dato periodo di tempo è data dalla somma delle utilità dei soggetti presenti in ogni generazione, i quali possono usufruire sia del consumo effettivo che di una forma di eredità: $U_t = \sum_{j=26}^J s^j \beta^j u(c_{j,t+j-1}) + s^J \beta^J \mu v(x_{J,t+J-1})$

⁶Ogni soggetto appartenente alle classi lavorative è chiamato ad investire un ammontare a che eguagli almeno il limite imposto all'indebitamento attualizzato al tasso di interesse reale: $a^j \geq \frac{D^j}{1+r}$.

In ultimo, l'influenza dello Stato, viene rappresentata mediante una serie di funzioni per debito ed entrate definite principalmente in relazione al prodotto aggregato e prevedendo un sistema di tassazione articolato in forme di raccolta sui redditi da lavoro.

Tabella 1.1: Legenda simboli. Elenco completo in Appendice A.

Var. Endogene	
C	Consumo aggregato
W	Salario
L	Lavoro aggregato
PI	Profitto da impresa
r	Tasso di interesse reale
rk	Costo del capitale
B	Prestito
a	Capitale investito
b	Var. Esogene
J	Anni all'interno del sistema
T	Arco temporale considerato
s	Tasso di sopravvivenza
P	Livello dei prezzi
D	Limite all'indebitamento
Parametri	
β	Tasso di sconto intertemporale
μ	Eredità

Capitolo 2

Tecnologia in sostituzione al lavoro umano

2.1 Tecnologia nel ventunesimo secolo

Il ventunesimo secolo è l'era della tecnologia. Denominazione più che azzeccata per una fase storica che, già dagli inizi, ha sperimentato una crescita esponenziale in tale ambito. Non si tratta solamente della portata delle innovazioni che stanno man mano prendendo piede, quanto piuttosto della velocità con cui queste stanno proliferando. Basti pensare che il 15 settembre 1997 è stato registrato il dominio web di Google e da lì in poi, nell'arco di vent'anni, si è passati da sistemi di ICT (Information and Communication Technology) sempre più articolati allo sviluppo e all'implementazione dell'intelligenza artificiale. Tra le cause principali di questa rapidissima espansione si ritrovano: la capacità di miglioramento continuo attraverso lo sfruttamento di librerie "open source", la condivisione di algoritmi sempre più efficienti e, aspetto da non trascurare, la progressiva diminuzione del prezzo della robotica che, dal 2017 ad oggi, si è praticamente dimezzato (Bresnahan and

Trajtenberg, 1995; Lipsey et al., 2005).

L'innovazione porta al cambiamento, il quale, come insegna la teoria economica classica, quando è associato al settore tecnologico genera crescita economica (Solow, 1957; Romer, 1990; Aghion e Howitt 1992). L'informatizzazione e la digitalizzazione dei processi hanno infatti portato ad una drastica riduzione del tempo impiegato per la raccolta e l'elaborazione delle informazioni. Minore dispendio di energie nel processo preliminare ha quindi consentito una maggiore attenzione alle fasi di analisi e di interpretazione dei dati, determinando in maniera inequivocabile un aumento della produttività (Autor, 2015). A tal proposito, alcuni studiosi affermano che ipotizzando un incremento della digitalizzazione del 10% nella sfera produttiva di un Paese si è in grado di generare un aumento del PIL pro capite pari allo 0,75% (Digitization for economic growth and job creation: regional and industry perspective, The global information technology report, 2013). Similmente, si stima che, dal 2017 ad oggi, il settore tech da solo riesca a ricoprire in media il 9% del PIL statunitense, percentuale assai considerevole se si tiene conto del fatto che la tecnologia permea, in aggiunta, la stragrande maggioranza dei settori produttivi in maniera più che significativa.

Analizzando poi il lato occupazionale, si può vedere come l'avvento del computer abbia generato 16 milioni di posti di lavoro distruggendone circa 3,5 nel corso del tempo. L'intero apparato ICT invece, si stima ne abbia creati circa 19,3 milioni di completamente nuovi. Nonostante l'ammontare delle nuove occupazioni sia superiore a quelle eliminate, ciò a cui si è assistito nel corso degli ultimi anni a seguito di un rapido processo innovativo, è stata però una sorta di polarizzazione della struttura occupazionale stessa. Da un lato, si sono posizionati tutti quei mestieri che richiedono elevata istruzione e che di conseguenza permettono

un'elevata retribuzione; dall'altro quelli che invece sono caratterizzati da alta intensità di manodopera e che, generalmente, comportano una retribuzione minore (Autor, Katz e Kearney 2006; Goos e Manning 2007; Goos, Manning, e Salomon 2019; Autor 2015; Acemoglu e Restrepo 2017). Tale biforcazione è stata dovuta principalmente al fatto che i computer, i robot e tutti i sistemi IT dimostrano la loro massima efficienza nello svolgimento di compiti cosiddetti "di routine", ovvero compiti standardizzati, ripetitivi e soprattutto facilmente codificabili. Citando Frey e Osborne (2015): *"Ogni problema interamente e soprattutto dettagliatamente descrivibile può essere computerizzato"*. Ciò ha portato ad una diminuzione delle occupazioni di medio livello, semplificando da un lato l'attività della fascia alta e togliendo lavoro a quella più bassa. Nel 1979, negli USA, le professioni di medio livello¹ rappresentavano il 60% dell'occupazione totale. Tale percentuale è scesa poi al 49% nel 2007 e al 46% nel 2012 (Autor, 2019) generando il restringimento della fascia di adulti a reddito medio dal 61% nel 1971 al 50% nel 2015. Di questi, circa un terzo passando ad un reddito inferiore. Per quanto riguarda i restanti invece, si è visto che questi appartenevano alle categorie cosiddette "ad alto contenuto intellettuale", ovvero tutti quei mestieri in cui la tecnologia si trova a ricoprire un ruolo complementare, di supporto all'attività umana, la quale è generalmente forza lavoro con un elevato grado di istruzione, conoscenze scientifiche e pensiero critico (Autor, 2015). Queste categorie hanno così assistito ad un incremento del salario reale dovuto proprio alla possibilità di concentrarsi maggiormente sugli obiettivi senza dover "perdere" tempo con le procedure di raccolta e amministrazione dei dati solitamente molto onerose. Per quanto riguarda anni più recenti invece, i dati parlano di 8,6 milioni di cambiamenti in ambito occupazionale tra il 2019 e il

¹Con professioni di medio livello si intendono: vendite, amministrazione, back office e produzione di linea

2022 a seguito dell'implementazione dell'intelligenza artificiale. Cifra destinata ad aumentare in vista del prossimo decennio. Si stima infatti che l'IA sia prossima a generare una riduzione delle mansioni attualmente svolte dai lavoratori di oltre il 50% portando alla sostituzione di circa 300 milioni degli stessi in tutto il mondo. Per citare un esempio, IBM, colosso nel settore dell'informatica, ha annunciato a maggio 2023 la sospensione delle assunzioni per tutte quelle mansioni possibilmente sostituibili dall'intelligenza artificiale e un piano di licenziamenti pari al 30% dei lavoratori impiegati in ruoli di back-office, il quale porterebbe quindi al taglio di circa 6000 dipendenti².

Di contro però, studi come quello dell'Organizzazione Internazionale del Lavoro (ILO)³, hanno dimostrato come l'esposizione della maggior parte delle occupazioni sia solamente di carattere parziale e che quindi esse saranno perlopiù integrate dall'intelligenza artificiale, la quale si limiterà ad avere effetti positivi su intensità ed autonomia nello svolgimento delle singole mansioni.

2.2 Cosa si intende con il termine Tecnologia

Come precedentemente accennato, il termine tecnologia racchiude un pò tutte le innovazioni che si sono sviluppate in tale ambito negli ultimi vent'anni. In particolare, facendo questo elaborato riferimento al periodo che va dalla fine degli anni ottanta al 2015, si potrebbe dire che i valori stimati non comprendano l'effetto prodotto dall'intelligenza artificiale nella sua totalità. Nonostante però i valori non siano aggiornati, rimane comunque pienamente valida l'impostazione del modello,

²Fonte: *Forbes*.

³Generative AI and jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality, 2023.

le considerazioni che potranno derivare dall'introduzione dell' IA e le conseguenze che questa è destinata a generare sulle variabili aggregate.

Con la denominazione Information and Communication Technology (ICT) si fa riferimento ad una serie di sistemi quali: hardware, software, siti web, app e tante altre forme di comunicazione digitale estremamente diffuse in tutti i contesti sociali ed economici. Dall'industria alla Pubblica Amministrazione, passando per il settore del commercio, vengono costantemente implementate nuove funzionalità di Cloud, analisi e raccolta dei cosiddetti Big Data, Internet OF Things (IOT) e Mobility. Tali innovazioni vengono poi applicate all'interno della realtà aziendale attraverso i canali più disparati, andando ad affiancare i lavoratori nello svolgimento del loro operato e talvolta addirittura sostituendoli (Bresnahan and Trajtenberg, 1995; Lipsey et al., 2005). Basti pensare alle interconnessioni ora possibili delle varie apparecchiature elettroniche all'interno delle abitazioni, alla raccolta di Big Data per sviluppare sistemi di manutenzione predittiva o ancora alla sempre più implementata guida autonoma dei veicoli. La digitalizzazione permea quindi, in maniera più o meno significativa, tutte le aree aziendali, impattando nell'offerta di prodotti e servizi, nel valore aggiunto generato in catene di produzione sia verticali che orizzontali, nel modello di business in senso stretto e nel rapporto diretto con la clientela. Per un'ulteriore specificazione degli ambiti influenzati si rimanda alla Figura 2.1 tratta da una ricerca di Geissbauer del 2016.

L'altro pilastro fondamentale e forse maggiormente impattante in questa era di transizione, è l'intelligenza artificiale. Con tale termine si intende, genericamente, l'insieme di tutte quelle macchine o sistemi che cercano di imitare il funzionamento dell'intelligenza umana. La definizione di IA comprende solitamente quattro principali categorie di tecnologie: Machine Learning, Deep Learning, Language

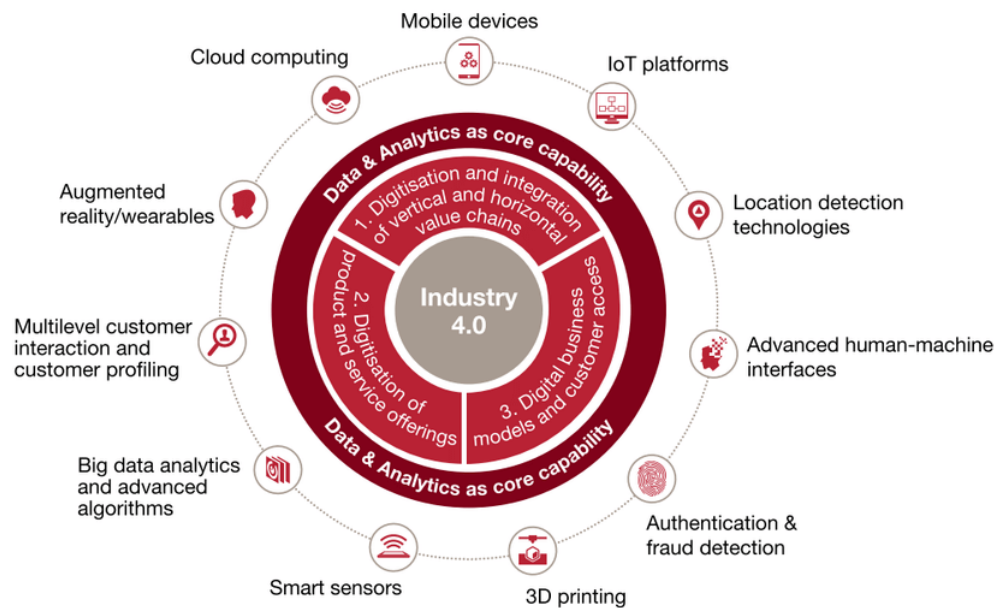


Figura 2.1: Digitalizzazione nell'industria 4.0.
Fonte: Geissbauer et al. (2016).

Processing e Computer Vision (McElheran et al., 2023). Il primo, Machine Learning (ML), è forse quello più significativo in quanto forza trainante del concetto di intelligenza artificiale. Prevede infatti la creazione di sistemi in grado di apprendere e migliorare le proprie prestazioni in relazione ai dati ottenuti identificando autonomamente modelli e schemi logici; tutto questo sfruttando solamente in minima parte l'intervento umano. Di conseguenza, l'automazione non risulta più essere unicamente una minaccia per compiti ripetitivi e standardizzati, ma inizia ad ampliare la propria gamma di possibilità rendendo le proprie azioni sempre più specifiche e dettagliate grazie ad una sorta di apprendimento attivo. Uno dei metodi utilizzati per favorire il processo di ML è il Reinforcement Learning, ovvero un "percorso di addestramento" per l'intelligenza artificiale in cui il sistema viene premiato e punito in base al compimento di un'azione voluta o meno dal programmatore. Per quanto concerne il Deep Learning invece, esso rappresenta

la capacità della macchina di emulare la mente umana. Si tratta quindi di un processo passivo di osservazione e copiatura che racchiude dentro di sé un ruolo fondamentale, quasi basilare, per lo sviluppo di una IA. Le ultime due categorie fanno infine riferimento alla capacità di rielaborare l'informazione ottenuta in termini audio-visivi con l'obiettivo di replicare le immagini e il linguaggio parlato. A queste categorie vanno poi ad aggiungersi una moltitudine di altre sotto-categorie specializzate in ambiti più o meno specifici ⁴.

Come è possibile visionare nella Figura 2.2, nel 2017, cominciava ad essere già considerevole il numero delle imprese che, non solo testava le nuove tecnologie in campo di IA, ma ne usufruiva a tutti gli effetti. Secondo McElheran (2023) queste imprese erano prevalentemente aziende che avevano già integrato la robotica all'interno della loro catena di produzione e che si ritrovavano ad essere quindi più predisposte all'intelligenza artificiale. Non è infatti da mettere in discussione la difficoltà nell'integrare nuove procedure e meccanismi tanto innovativi all'interno della realtà aziendale. Ostacoli che vanno dall'incertezza nell'effettiva convenienza dell'investimento a causa della scarsa conoscenza della materia, fino ad arrivare alla riluttanza dei dipendenti nel mettersi in discussione e riformarsi per imparare ad utilizzare al meglio i nuovi strumenti.

⁴Ambiti collegati all'intelligenza artificiale: realtà aumentata, data mining, robotica, tecnologia touchscreen, statistica computazionale, magazzino automatico, etc (McElheran et al., 2023)

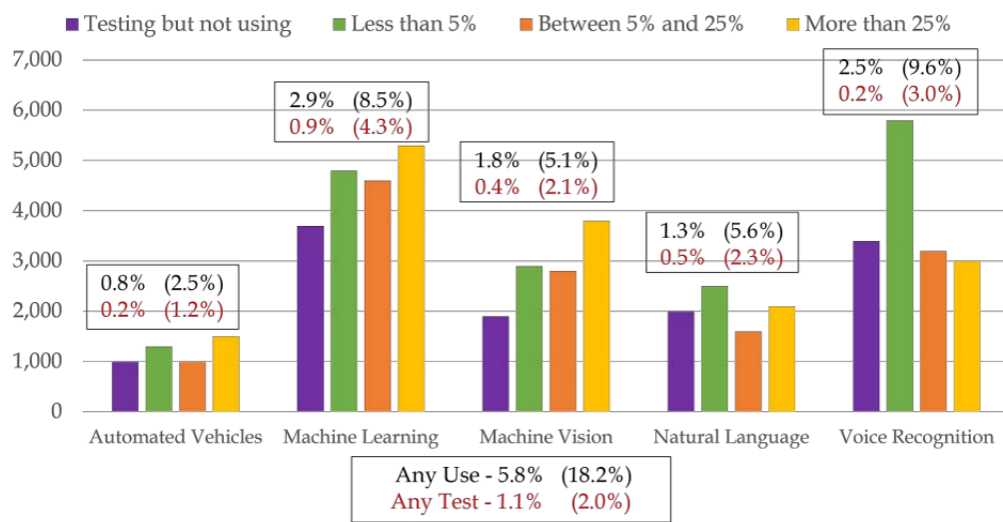


Figura 2.2: Utilizzo della IA e delle tecnologie ad essa collegate nelle industrie statunitensi del 2017.

Fonte: McElheran et al. 2023.

Capitolo 3

Implementazione del modello

3.1 Composizione del lavoro

Il primo aspetto affrontato nell'implementazione del modello riguarda tutte le implicazioni inerenti alla variabile Lavoro L . Tale dato, così come veniva presentato da Eggertsson, non forniva alcuna informazione circa la sua composizione.

Al fine di conoscere quanto di questa variabile provenisse da lavoro umano e quando invece fosse frutto dell'automazione, si è optato per la ricomposizione della stessa riscrivendola come somma di tre nuovi fattori:

$$L = L_{ses} + L_{sns} + L_{ns} \quad (3.1)$$

Tali fattori rappresentano i tre casi possibili in relazione alla natura umana o tecnologica del lavoro svolto e sono rispettivamente:

- L sostituibile effettivamente sostituito (quindi svolto da componenti tecnologiche)

$$L_{ses} = (1 - \nu)zL$$

- L sostituibile non sostituito

$$L_{sns} = (1 - \nu)(1 - z)L$$

- L non sostituibile

$$L_{ns} = \nu L$$

All'interno delle formule sopracitate entrano in gioco due nuovi parametri: la quota di lavoro non sostituibile ν e la probabilità di sostituzione tecnologica z , entrambi compresi tra 0 e 1. Grazie a questa distinzione è stato possibile valutare l'impatto di una variazione del tasso di sostituzione tra le due componenti del lavoro, fornendo così un'idea in merito alle conseguenze di una progressiva robotizzazione della forza lavoro.

3.1.1 Probabilità di sostituzione tecnologica

Un importante parametro introdotto nel modello è la probabilità di sostituzione tecnologica z , ovvero la probabilità che un mestiere possa essere rimpiazzato dall'automazione. In tal senso, è necessario stabilire cosa si intenda per esposizione al rischio di sostituzione e quali sono le variabili che hanno un'influenza rilevante su di essa.

Parlando di esposizione si ritiene che, un mestiere qualsiasi, venga considerato a rischio di sostituzione se presenta delle mansioni che potrebbero essere svolte da un robot (o da una forma di tecnologia intelligente) mantenendo uno standard qualitativo almeno pari a quello ottenuto mediante il lavoro umano (Eloundou et al, 2023). Di conseguenza, maggiore è il numero delle mansioni in un singolo

mestiere con questa caratteristica, maggiore sarà la probabilità che questo venga sostituito.

Per quanto riguarda invece le variabili che possono influenzare l'andamento di questa probabilità, troviamo in primis il progresso tecnologico inteso come rapidità di introduzione delle innovazioni in relazione alla loro portata. Chiaramente, a rapidità e portata maggiore corrisponde un incremento della probabilità di sostituzione ed esse sono strettamente correlate con l'ammontare stanziato per la ricerca e lo sviluppo. Si hanno poi: le risorse disponibili per gli investimenti all'interno di un'impresa e il grado di istruzione degli imprenditori e dei lavoratori. Il primo comporta un'inevitabile utilizzo intensivo della tecnologia nelle realtà aziendali di dimensioni maggiori, mentre il secondo riconosce una maggiore propensione all'innovazione e all'accettazione della stessa in corrispondenza di datori di lavoro e dipendenti che detengono un grado di istruzione elevato. Quest'ultima correlazione è stata dimostrata in numerosi studi, più o meno recenti, tra cui quello di Bresnahan del 1997 e quello di Lipsey del 2005.

Tornando alla determinazione quantitativa del parametro, questo è stato stimato come media ponderata delle specifiche probabilità di un campione di 700 impieghi statunitensi rilevate al 2015 (Frey & Osborne, 2015)¹.

$$z = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \frac{occupati_j}{occupati_{tot}}}{\sum_{j=1}^n \frac{occupati_j}{occupati_{tot}}} \quad \text{con } n \text{ numero dei mestieri nella Tabella B2}$$

Il valore medio ottenuto per z è di 0,447 ed è perfettamente plausibile tenendo conto delle suddette considerazioni. Per rendere il campione omogeneo infatti, sono state prese in esame occupazioni sia con elevato carattere personalizzante sia con

¹Tabella completa in Appendice B.

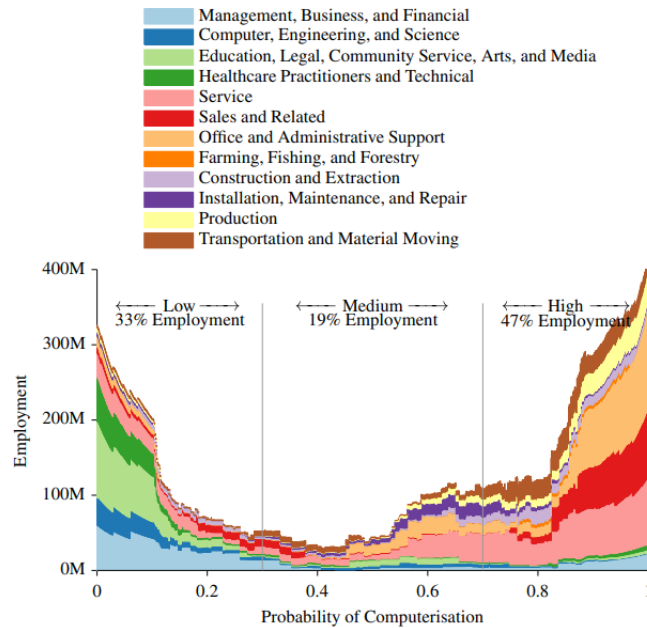


Figura 3.1: Occupazione suscettibile a sostituzione da parte della tecnologia.
Fonte: Frey e Osborne 2015.

mansioni più standardizzate e/o sistematiche in modo da ottenere uno spettro dei valori di z il più completo possibile². Come è possibile osservare in Figura 3.1, settori come: istruzione, media, comunicazione, arte, sanità, business, finanza e parte dei servizi, i quali prevedono un contatto diretto tra le persone per l'instaurazione di un rapporto di fiducia o più semplicemente per la corretta trasmissione di un messaggio, sono quelli che subiscono in minor modo la "minaccia" della tecnologia. Diversamente, settori come trasporti, vendite, amministrazione e gran parte dei servizi, risultano essere più suscettibili al rimpiazzo causato dalla ripetitività dei compiti previsti.

²Tra i mestieri con z prossima allo zero troviamo per esempio: nutrizionisti, terapisti, psicologi, coreografi, ecc. Tra quelli con z tendente ad 1 ci sono invece: addetti contabili, sottoscrittori assicurativi, archivisti, ...

3.1.2 Quota di lavoro non sostituibile

Insieme a z , un'altra importante grandezza introdotta è la quota di lavoro non sostituibile dalla tecnologia, identificata mediante il simbolo ν . Per stimare tale variabile è stato fondamentale l'apporto di Eloundou et al. (2023), i quali, all'interno del loro elaborato hanno inserito una lista di tutti i mestieri che, secondo recenti studi, non presentano alcun compito che possa essere svolto (anche solo parzialmente) senza l'ausilio di un essere umano³. Grazie a questo elenco si è stati in grado di risalire alla lista completa degli impieghi oggetto d'esame⁴e, tramite la somma dei singoli rapporti tra livelli di occupazione, si è riusciti a stimare la percentuale di lavoro svolto effettivamente solo da persone fisiche.

$$\nu = \sum_{i=1}^n \frac{occupati_i}{occupati_{tot}} \quad \text{con } n \text{ numero dei mestieri nella Tabella B1}$$

Il suddetto calcolo ha portato ad un valore di ν pari a 0,0141. Ciò significa che, al 2023, solamente 1,4% degli impieghi presenta compiti esclusivamente attuabili dall'uomo. Tale dato è sicuramente diminuito rapidamente nel corso degli anni, prima a causa dell'esponenziale crescita dei sistemi ICT e ora, in modo sempre più drastico, a seguito dell'avvento della IA. Ciò significa che, presumibilmente, ad anni più lontani corrisponde un valore di ν più elevato. Non è però facilmente quantificabile la rapidità con cui sia effettivamente avvenuta questa discesa, in quanto un aspetto imprescindibile è la trasformazione subita dagli ambienti

³Tabella completa in Appendice B.

⁴Dati raccolti da US Bureau of Labour Statistics.

lavorativi.

Quello che però si è fatto, è stato definire una possibile relazione inversa tra la suddetta quota e la probabilità di sostituzione assumendo che da un aumento più o meno considerevole della seconda si ottenesse una parziale diminuzione della prima.

$$\nu = 0,0141(1 - \frac{z - 0,447}{0,447})$$

Introducendo questo piccolo fattore di sconto per la quota di lavoro non sostituibile si è quindi arrivati a poter stabilire un grado d'interconnessione tra le variabili tale da poterne valutare l'effetto sul piano aggregato. Ipotizzando quindi un aumento di z negli anni a venire, si assume che ν subisca una riduzione del proprio valore pari alla variazione percentuale della probabilità di sostituzione.

3.2 Forza motrice

Una volta appurato che il lavoro, inteso come fattore di produzione all'interno di un'economia di mercato, non può più prescindere da una ormai presenza assai rilevante di componenti di natura tecnologica, si è ritenuto necessario quantificare l'apporto di quest'ultima. Si iniziano infatti ad intravedere studi in cui la tecnologia comincia ad essere sempre più considerata alla stregua di un vero e proprio "fattore produttivo", forte del fatto che, oltre ad agire in complementarità del lavoro umano, è sempre più in grado essa stessa di generare nuova forza lavoro e di fungere da catalizzatore per nuovi processi innovativi (Aly, H., 2020). Da qui, nasce l'idea del concetto di Forza Motrice.

Con il termine Forza Motrice si fa riferimento ad una nuova variabile endogena

introdotta in questo elaborato. Essa rappresenta la forza lavoro composta da uomo e tecnologia effettivamente operanti nel sistema e assume la funzione di trasmettere l'impulso generato dalla cooperazione di queste due componenti sulla produzione aggregata.

Per definire questa nuova variabile è stata utilizzata una funzione CES avente come fattori di produzione il lavoro tecnologico L_{ses} e quello umano $L_{sns} + L_{ns}$ già definiti nel capitolo precedente. Tali grandezze sono state fatte agire con un certo grado di produttività così da poterne valutare l'impatto su Y . La produttività del lavoro svolto dall'uomo, espressa con AL , è stata lasciata invariata rispetto al modello di Eggertsson. Per quella inerente alla tecnologia invece, si è optato per un valore maggiore della precedente, ma pur sempre in funzione di quest'ultima. La motivazione di tale scelta risiede fondamentalmente nell'idea che un'entità tecnologica possieda la capacità di svolgere un determinato compito in tempi molto più brevi di una persona comune e in maniera più efficiente, per cui è comprensibile che abbia un tasso di produttività più elevato. Allo stesso tempo però, l'uomo mantiene la capacità di compiere il proprio dovere con un carattere soggettivo, conferendo talvolta caratteristiche qualitative impossibili da raggiungere per un robot. Per tale motivo, si è definita una relazione che garantisca superiorità agli automi in termini di efficienza, senza però denigrare il carattere personalistico proprio dell'essere umano.

La Forza Motrice risulta quindi essere data dalla seguente funzione:

$$F = [c_{Lt}((AL + 0,5)L_{ses})^{\frac{\sigma_F - 1}{\sigma_F}} + c_{Lu}(AL(L_{sns} + L_{ns}))^{\frac{\sigma_F - 1}{\sigma_F}}]^{\frac{\sigma_F}{\sigma_F - 1}}$$

All'interno di questa funzione i coefficienti di ponderazione utilizzati non sono altro che quelli già visti nella separazione del lavoro nelle sue tre componenti. Si ha perciò che $c_{Lt} = (1-\nu)z$ è la quota di lavoro automatizzato e $c_{Lu} = (1-z)(1-\nu) + \nu$ quella restante.

Infine, un altro aspetto interessante, è quello riguardante il parametro σ_F . Questo è infatti un importante valore introdotto all'interno della funzione di definizione della Forza Motrice che rappresenta l'elasticità di sostituzione tra le due tipologie di lavoro. L'elasticità di sostituzione non è altro che una grandezza esplicativa di quanto la variazione nelle produttività marginali dei fattori incida nella quota di input utilizzati. A seguito di una prima valutazione si è optato per un valore che fosse maggiore di 1 in quanto si presume che, a parità di efficacia nello svolgere un determinato compito, come già detto in precedenza, la tecnologia risulti essere più efficiente sotto i profili di tempo e costo. Seguendo poi il ragionamento di De Canio (2016) l'elasticità è stata fissata a 1,87 in modo da poter sostenere l'ipotesi che un aumento dell'impiego dei robot al posto dei lavoratori generi una contestuale diminuzione dei salari⁵.

3.2.1 Codice Dynare

Andando ad analizzare il codice Dynare (Adjemian et al., 2023), le modifiche maggiori si osservano nella sezione "Firms". Qui infatti è descritta la nuova funzione di produzione dalla quale è possibile ottenere la funzione Lagrangiana con cui calcolare le rispettive FOCs (First Order Conditions) utilizzate per definire il salario w e il costo del capitale rk .

⁵Secondo lo studio citato, l'elasticità di sostituzione tra robot e lavoratore, se mantenuta all'interno di un range che va da 1,7 a 2,2, genera una riduzione del salario del lavoratore pari alla proliferazione della tecnologia. Una volta superato questo limite la diminuzione del salario diventa più che proporzionale.

In aggiunta alle grandezze già citate in precedenza, nella funzione di produzione è presente α come fattore di ponderazione del capitale, AK come produttività dello stesso e σ come elasticità di sostituzione tra capitale e lavoro.

Il prodotto aggregato è quindi dato da:

$$Y = [(\alpha(AKK))^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \alpha)F^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}$$

Da notare che nella suddetta funzione di produzione non è presente alcun parametro che quantifichi la produttività della Forza Motrice in quanto questa è già considerata al momento della definizione della variabile. Per quanto riguarda la Lagrangiana, questa sarà data dalla funzione di profitto da massimizzare, quindi produzione aggregata meno costo del capitale, costo dei lavoratori e costo della tecnologia. Qui, una grande differenza rispetto al modello base è la necessaria considerazione separata delle due componenti del Lavoro con i rispettivi costi. Ne consegue l'introduzione della variabile ct intesa come costo della tecnologia adibita a fattore di produzione.

$$\mathcal{L} = priceY - w(L_{sns} + L_{ns}) - rkK - ctL_{ses}$$

FOCs:

$$rk = priceY^{\frac{1}{\sigma-1}} \alpha AK^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} K^{\frac{-1}{\sigma}}$$

$$\begin{aligned} w &= (priceY^{\frac{1}{\sigma-1}} (1 - \alpha) F^{\frac{-1}{\sigma}} F^{\frac{1}{\sigma F-1}} [(1 - \nu)^2 z^2 ((AL + 0, 5)L_{ses})^{\frac{-1}{\sigma F}}]) \\ &= (AL + 0, 5) + c_{Lu}^2 (AL(L_{sns} + L_{ns}))^{\frac{-1}{\sigma F}} AL - ct c_{Lt} : c_{Lu} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ct &= (priceY^{\frac{1}{\sigma-1}}(1-\alpha)F^{\frac{-1}{\sigma}}F^{\frac{1}{\sigma F-1}}[(1-\nu)^2z^2((AL+0,5)L_{ses})^{\frac{-1}{\sigma F}} \\
&= (AL+0,5) + c_{Lu}^2(AL(L_{sns} + L_{ns}))^{\frac{-1}{\sigma F}}AL] - wc_{Lu}) : c_{Lt}
\end{aligned}$$

Ultima, ma non meno importante variazione nella sezione "Firms", è quella riguardante il calcolo di ν già enunciato nel rispettivo capitolo. Unica particolarità del codice è la presenza di un parametro denominato *prev* con la sola funzione di attivare o meno il calcolo previsionale della variabile.

Infine, nella parte "Aggregates", viene enunciata la formula della Forza Motrice così come precedentemente mostrata, affiancata da una nuova definizione del Labor Share espresso in funzione di F stessa.

$$LS = \frac{F}{F + rK + PI + \delta K}$$

3.3 Limiti, evidenze ed ipotesi

Come già espresso finora, il presente modello ha come fine il voler fornire un'interpretazione economica della presenza di una componente tecnologica nel mondo del lavoro in sostituzione a quella umana. Per fare ciò si è quindi passati per la riscrittura della variabile L , introducendo il parametro di probabilità di sostituzione z . Risulta quindi evidente l'importanza che questo nuovo parametro ricopre all'interno dell'elaborato. Nonostante questo, bisogna però ricordare che il calcolo

di z ha, alla base, delle ipotesi alquanto stringenti, prima fra tutte il fatto che all'interno dell'intero modello z venga considerata come una costante.

Tale parametro è infatti stimato prendendo in esame dati messi a disposizione da Frey e Osborne (2017) riguardanti la situazione socio-economica statunitense del 2015. Situazione che quindi tiene conto solamente di una parte della tecnologia attualmente esistente, escludendo quasi completamente l'effetto prodotto dall'intelligenza artificiale sviluppatasi in particolar modo negli ultimi anni. Questa scelta è stata fatta, consapevolmente, a causa della mancanza di dati circa le occupazioni presenti o meno durante il periodo di studio. Per fare una stima completa di z , sarebbe infatti necessario sapere nel dettaglio quali fossero i mestieri esistenti nell'anno in oggetto, comprensivi dei rispettivi livelli di probabilità di sostituzione. Compito alquanto oneroso se si tiene conto del rapporto tra "creazione" e "distruzione" di occupazioni a seguito del progresso tecnologico. Tutto ciò, non ha però precluso il fatto di poter stimare il possibile effetto generato da una variazione più o meno significativa di z .

Considerata l'esponentiale proliferazione dell'intelligenza artificiale avvenuta nell'ultimo periodo è lecito immaginare che il valore del suddetto parametro sia aumentato con il passare degli anni. Infatti, le IA sono in grado di svolgere compiti molto specifici oltrepassando il limite del cosiddetto "compito di routine", per cui si presume che siano sempre di più i mestieri a rischio sostituzione. Dall'altro lato è però probabile che, come una buona parte di lavori venga progressivamente eliminata dall'impiego della tecnologia, ve ne sia un'altra in grado di resistere e, forse, addirittura di trarne un beneficio. Occupazioni di ricerca, programmazione, manutenzione delle infrastrutture avranno probabilmente registrato un aumento della manodopera, così come i reparti di vendita delle aziende in ambito tecnologico.

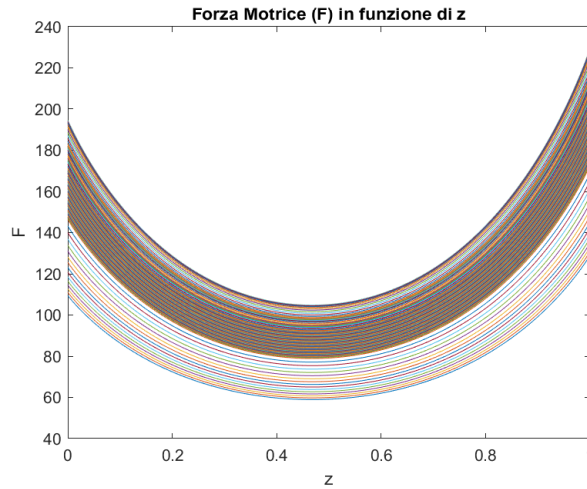


Figura 3.2: Forza Motrice in funzione di z .

Aumento che, quasi certamente, non è però in grado di azzerare l'effetto "negativo" di tale fenomeno. Si presume quindi che z stia sperimentando un aumento rispetto ai valori del 2015 e che questo abbia portato ad un innalzamento della curva della Forza Motrice. Innalzamento che però non è riscontrabile anche sulla produzione aggregata in quanto quest'ultima risente maggiormente della riduzione del capitale utilizzato. A tal proposito, osservando la Figura 3.2, è possibile notare che l'andamento di F al variare di z è di tipo parabolico con un minimo in 0,468. Ciò significa che nel 2015, il valore stimato, era molto vicino a quello in grado di produrre il minor effetto possibile sul reddito aggregato.

Capitolo 4

Effetto sulle variabili aggregate

In questo capitolo, quello che si andrà ad analizzare sono le conseguenze che potrebbero generare alcune variazioni dei parametri inseriti in aggiunta a quello che inizialmente era il modello proposto da Eggertsson. Inserendo gli stessi dati infatti, come si può osservare nella Figura 4.1, i due modelli si comportano in modo molto simile dando vita ad andamenti quasi coincidenti. Le differenze nei risultati risiedono perlopiù in lievi cambi di pendenze o traslazione delle curve, problemi principalmente dovuti ad un cambio dell'ordine di grandezza delle variabili di riferimento. Resta il fatto che il trend generale delle variabili macroeconomiche fondamentali è coerente col modello di Eggertsson ed è quindi lecito supporre che le conclusioni che se ne possono trarre risultino essere empiricamente valide e consistenti con la realtà.

Partendo quindi dal presupposto che quanto è stato fatto risulti essere in linea con quanto definito precedentemente, applicando alcune piccole variazioni ai parametri introdotti è possibile osservare la reazione delle grandezze principali. In particolar modo, si ritiene importante soffermarsi su alterazioni della probabilità di sostituzione dei lavoratori z in quanto anima centrale di questa ricerca.

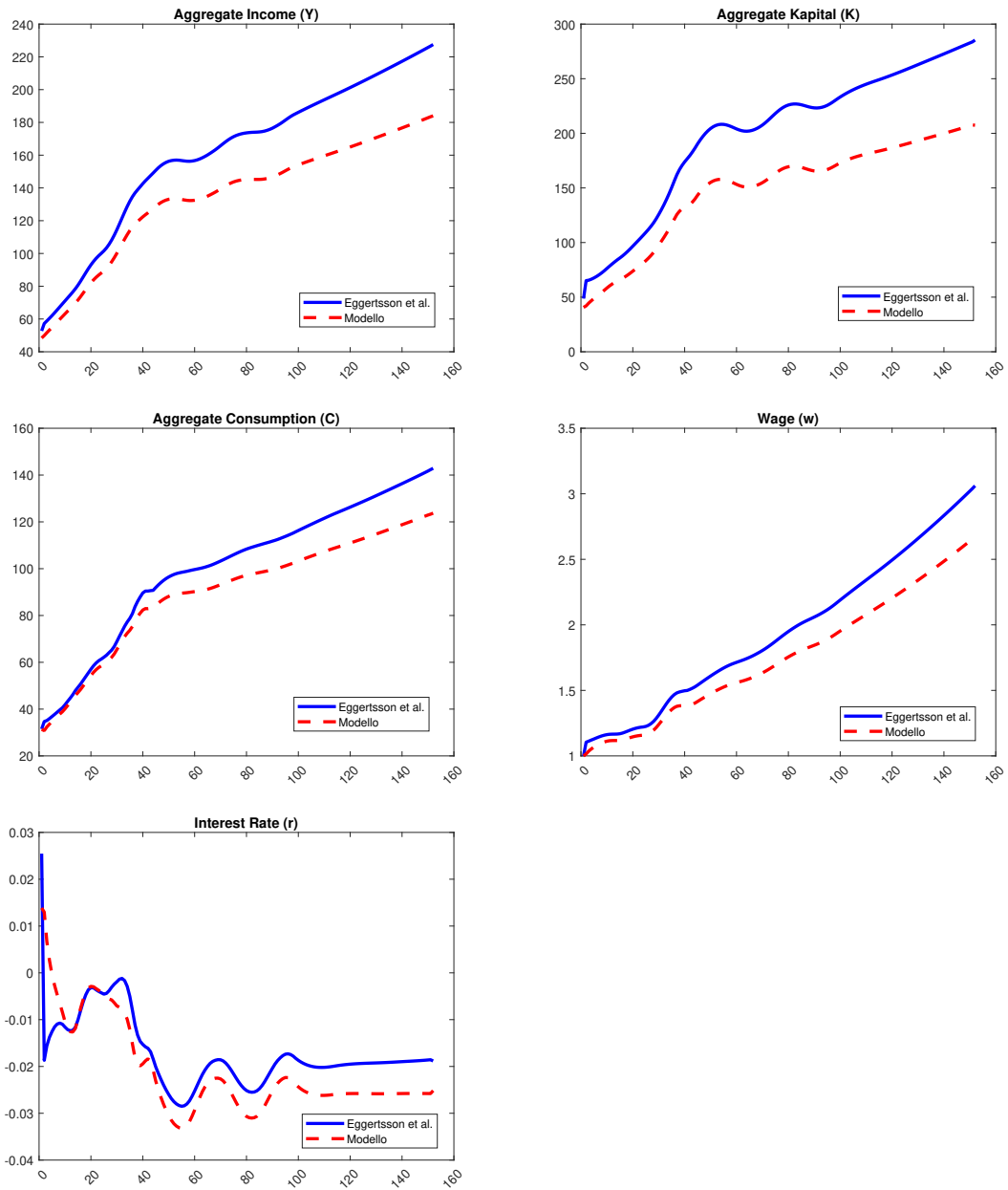


Figura 4.1: Principali grandezze macroeconomiche. Confronto con il modello di Eggertsson.

Come spesso ribadito nei precedenti capitoli, la tecnologia, dal 2015 ad oggi ha subito un'evoluzione a dir poco esponenziale che vede come punta di diamante la ricerca in intelligenza artificiale. Tali innovazioni hanno costretto il mercato del lavoro a fronteggiare enormi cambiamenti per adattarsi ad una nuova e sempre più mutevole realtà delle cose. Se, fino al 2015, l'effetto insito in z era prevalentemente dovuto all'applicazione di sistemi ITC con solamente qualche accenno di IA, è lecito supporre che ad oggi quest'ultima abbia guadagnato ampiamente terreno e che stia esercitando la sua influenza in maniera alquanto consistente. Per tale motivo, il valore presunto del parametro sarà quasi certamente maggiore di quello stimato otto anni fa. La questione può quindi essere riassunta nel determinare l'ammontare dello scostamento e le conseguenze generate da un aumento più o meno considerevole.

Ciò che è stato fatto al fine di quantificarne l'impatto, è stato ipotizzare due plausibili variazioni di z , una più contenuta, con un ammontare pari a 0,55 e l'altra invece più elevata a 0,75, così da poterne confrontare i risultati osservabili nella Figura 4.2. Entrambi i casi tengono conto del fatto che l'implementazione dei sistemi produttivi con componenti di natura tecnologica provochino sia un processo di licenziamenti in massa da un lato, che la creazione di nuove occupazioni e quindi la possibilità di nuove assunzioni dall'altro. Questo significa che l'aumento della probabilità di sostituzione viene, seppur parzialmente, mitigato dall'introduzione di nuovi mestieri. Le due casistiche di z fanno proprio riferimento a questo fenomeno, ipotizzando un effetto compensativo più incisivo quando $z = 0,55$ e uno invece più ridotto quando $z = 0,75$.

Come evidenziato nei grafici in Figura 4.3, le reazioni delle variabili sono evidenti e, in alcuni casi, anche diverse da ciò che si potrebbe immaginare.

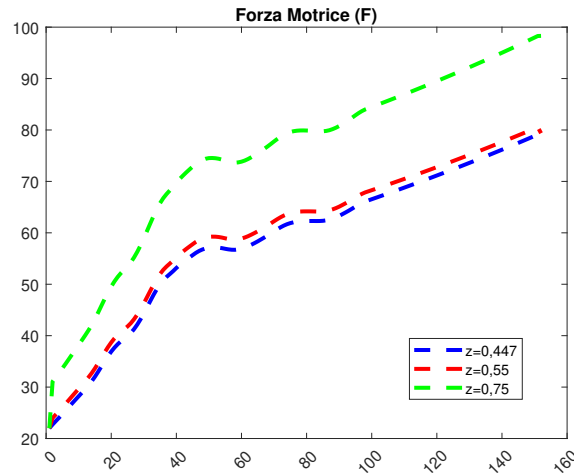


Figura 4.2: Forza Motrice calcolata con diversi valori di z .

Partendo dal prodotto aggregato Y quello che si nota in maniera alquanto inequivocabile è che a seguito di un grande aumento della probabilità di sostituzione z la curva della produzione si abbassa in modo considerevole, cosa che invece non accade quando l'aumento rimane circoscritto. Nel caso in cui z è pari a 0,55 infatti, quello che si osserva è un innalzamento della curva della produzione rispetto al livello stimato, risultato pienamente in linea con le aspettative. Il fatto che superati certi valori si abbia una drastica riduzione è chiaramente un controsenso rispetto a ciò che siamo abituati a pensare, ma andando ad analizzare l'impostazione del modello nel dettaglio questo risultato potrebbe avere un fondamento.

La produzione, come già detto in precedenza, viene determinata con una funzione CES avente come fattori Capitale e Forza Motrice. Essendo quest'ultima correlata positivamente con z ci si aspetterebbe un effetto positivo anche su Y , ma così non accade. La motivazione risiede nel fatto che il capitale aggregato K , altro fattore di produzione, reagisce anch'esso negativamente ad un aumento eccessivo del parametro di probabilità, spingendo così Y in diminuzione, forte di

una produttività marginale più incisiva rispetto ad F .

Il fatto che il Capitale restituisca valori minori quando si preferisce la tecnologia all'essere umano, trova la sua ragione nella possibilità di investimento degli Household. Questi soggetti, che poi non sarebbero altro che le famiglie, hanno la facoltà di impiegare le loro risorse in consumo o investimento rispettando dei vincoli ben definiti. Parlando di investimenti infatti, ogni soggetto può adoperare fondi a patto che:

$$a_{t+1} = \frac{1+r}{sv_t} a_t + pi_t + w(1-\tau)hc_t - c_t$$

Ciò significa che il capitale che verrà investito domani non potrà in alcun modo superare l'ammontare risparmiato oggi, più il profitto derivante dall'attività d'impresa e il reddito da lavoro, al netto del consumo odierno¹. Alla luce di questo, è chiaro che se il profitto da impresa, il reddito da lavoro e il tasso di interesse reale calano in maniera significativa sarà minore anche la capacità delle famiglie di investire i propri risparmi. Prendendo in esame questi tre aspetti, si ricorda che: il profitto da impresa è determinato sulla base della produzione aggregata quindi se diminuisce uno lo stesso accade anche all'altro entrando così in un circolo vizioso; il reddito da lavoro varia in funzione del salario, cosa che però non sembra sortire alcun effetto nel nostro caso in quanto w non subisce, come invece ci si aspetterebbe, un'influenza rilevante al variare di z ; infine, il tasso di interesse è strettamente correlato col costo del capitale, ciò significa che, raggiungendo anche quest'ultimo valori bassi a seguito di un elevato smobilizzo di capitale provoca una grande diminuzione del tasso d'interesse nel momento in cui z supera una determinata soglia.

¹Nell'equazione sv rappresenta la probabilità di sopravvivenza che, in questo caso, funge da fattore di sconto per l'investimento, mentre τ indica la tassazione.

Ultima, ma non meno importante variabile influenzata da questa nuova impostazione del modello è il consumo aggregato. Com'è facile immaginare alla luce di quanto detto finora, il consumo degli individui risente negativamente del cambiamento nella determinazione della forza lavoro, passando così a valori sempre più bassi con l'aumentare di z . La prima motivazione che potrebbe venire in mente fa riferimento alla capacità economica degli individui che, rimpiazzati dalla tecnologia, si vedono ridotti i loro salari. Questa non è però la spiegazione che viene presentata in questa sede in quanto i salari non subiscono un effetto negativo dalla variazione del parametro oggetto di studio e soprattutto perché il consumo è stato impostato in relazione ad una serie di grandezze determinate esternamente e strettamente correlate col tasso d'interesse. E' perciò grazie a quest'ultimo che è possibile rilevare l'influenza negativa della probabilità di sostituzione della forza lavoro sul consumo aggregato della popolazione.

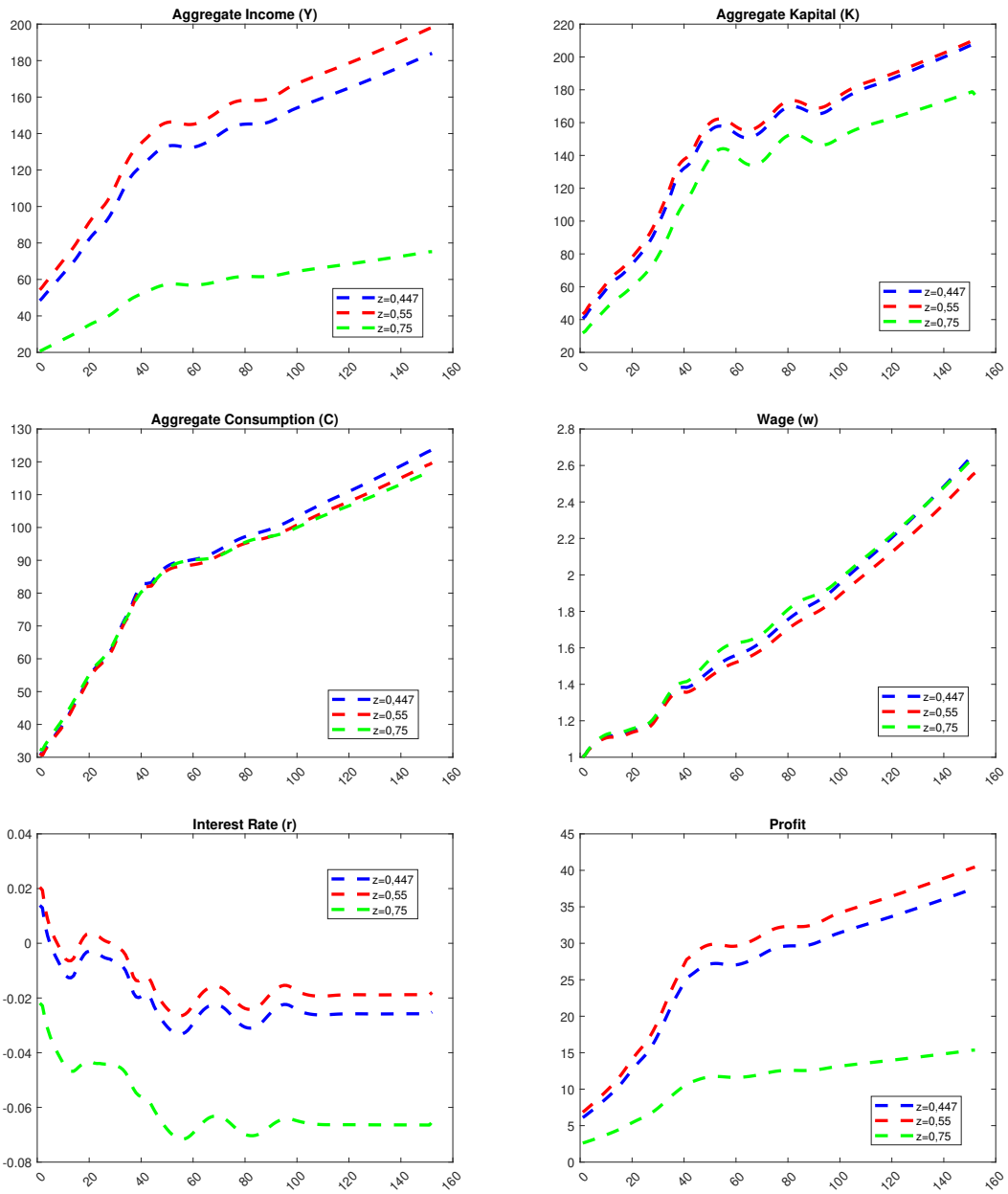


Figura 4.3: Confronto di principali grandezze macroeconomiche con diversi valori di z .

Conclusione

In conclusione, questo studio offre una chiave di lettura per stimare l'impatto che l'utilizzo di tecnologie in sostituzione ai lavoratori è in grado di produrre sul sistema macroeconomico di un Paese. Nello specifico, è stata presa in considerazione la realtà statunitense tra il 1977 e il 2015, ma con opportune modificazioni dei valori di riferimento, il modello è in grado di essere riadattato a qualsivoglia scenario.

E' interessante notare come, con l'introduzione dell'automazione nel processo produttivo, non ci siano grandi differenze nel comportamento degli Household. Questo effetto sostituzione, per come è stato impostato, incide principalmente sull'utilizzo di capitale, intaccando così il profitto derivante dall'attività imprenditoriale. Per ottenere conseguenze maggiormente evidenti e raffrontabili con la realtà, si sarebbe dovuto passare per il concetto di disoccupazione e d'istruzione, colonne portanti della ricchezza propria delle famiglie. Questo perché il progresso e l'innovazione hanno portato alla creazione di strumenti non più solamente in grado di svolgere compiti standardizzati e ripetitivi, ma anche di specializzarsi in attività dettagliate e talvolta molto complesse. Attività che ad una persona richiedono, non solo un notevole impegno dal punto di vista temporale, ma anche un background significativo di formazione e dedizione alla materia. Fino a pochi anni fa il problema era unicamente legato ai cosiddetti lavori di fascia medio-bassa, ad

oggi invece, quelli a rischio cominciano ad essere anche quei mestieri più redditizi, definiti "high-skills required".

Avendo tralasciato questo importante aspetto è chiaro che i risultati appaiano incompleti, ma possono comunque essere spunto di importanti riflessioni. Prima fra tutte, il fatto che l'idea di rimpiazzare capitale umano con capitale robotico non risulti vantaggiosa a prescindere. Superati certi livelli di impiego, si è potuto infatti dimostrare che la produzione aggregata ne risente in maniera negativa, non tanto dal lato dei dipendenti che vengono licenziati, quanto dalla riduzione della quantità di capitale in circolazione. La reazione che si genera nel sistema implementando eccessivamente sistemi automatizzati porta ad una riduzione dei tassi di interesse, i quali diminuiscono sempre di più le possibilità di investimento degli individui e delle imprese, affossando man mano il reddito aggregato. Si può quindi dire che, seppur non intaccando il reddito individuale del singolo soggetto, la reazione a catena che si genera da tale fenomeno superata una soglia limite, porta l'intera economia lontana dall'equilibrio e, in particolar modo, da una situazione di benessere condiviso.

Se quindi da un lato è indubbio il fatto che la tecnologia sia in grado di apportare valore alle nostre economie e ad efficientare i sistemi produttivi, sarebbe importante anche chiedersi quanto il suo utilizzo sia effettivamente fondamentale. Non si può ricondurre tutto ad un mero discorso di convenienza se poi a risentirne è il sistema visto nel suo intero. Detto ciò, non si vuole far passare il messaggio che sia sbagliato sfruttare l'intelligenza artificiale e le sue sottocategorie. Tutt'altro, si ritiene invece che l'ausilio che queste possono dare all'umanità sia indubbiamente di grande valore e che possa favorire un maggiore benessere sociale alleggerendo il carico lavorativo degli individui, riducendo i livelli di stress e consentendo alle

persone di dedicarsi sempre di più e con sempre maggior dedizione alle proprie passioni. il problema di fondo è che la velocità con cui l'innovazione sta proliferando in tale ambito non regge minimamente il confronto con il progresso nelle politiche sociali, nelle infrastrutture e soprattutto nella mentalità di tutti coloro che partecipano all'economia, creando così uno squilibrio sistemico le cui conseguenze diventano difficili da prevedere. E' necessario che le istituzioni si adoperino quindi al fine di circoscriverne l'effetto negativo, cercando di tutelare, sostenere ed istruire la società all'applicazione di tutte le forme di progresso attuabili, così da ridurre anche il malcontento generalizzato che ostacola la corretta trasmissione delle innovazioni.

Bibliografia

- [1] Acemoglu, D., Restrepo, P. (2017), *Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets*.
- [2] Acemoglu, D., Restrepo, P. (2018). *The race between man and machine: Implications of Technology for Growth, factor shares, and Employment*, American Economic Review, 108(6), 1488–1542.
- [3] Acemoglu, D., Restrepo, P. (2019), *Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor*.
- [4] Adjemian S., Bastani H., Juillard M., Karamé F., Mihoubi F., Mutschler W., Pfeifer J., Ratto M., Villemot S., Rion N. (2023). *Dynare: Reference Manual Version 5* PSE Working Papers hal-04219920, HAL.
- [5] Aghion, P., Howitt, P. (1992). *A model of growth through creative destruction*. Econometrica, 60(2), 323.
- [6] Aly, H. (2020). *Digital Transformation, development and productivity in developing countries: Is artificial intelligence a curse or a blessing? Review of Economics and Political Science*, 7(4), 238–256.
- [7] Atkinson, A. B. (2018), *Inequality what can be done? Harvard University Press*.
- [8] Autor, D., Katz, L., Kearney, M. (2006). *The Polarization of the U.S. Labor Market*.

- [9] Autor, D. H. (2015). *Why are there still so many jobs? the history and future of Workplace Automation*. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3–30.
- [10] Autor, D. (2019). *Work of the Past, Work of the Future*.
- [11] Baek, S., Deokjae, J. (2023), *Factors Influencing Labor Share: Automation, Task Innovation, and Elasticity of Substitution*. The University of California, Davis.
- [12] Bessen, J. (2018). *Ai and Jobs: The Role of Demand*.
- [13] Blankenau, W. F., Cassou, S. P. (2011), *Industry estimates of the elasticity of substitution and the rate of biased technological change between skilled and unskilled labour*. *Applied Economics*, 43(23), 3129–3142.
- [14] Bresnahan, T. F., Trajtenberg, M. (1995). *General purpose technologies ‘engines of growth’?* *Journal of Econometrics*.
- [15] Brynjolfsson, E., Hitt, L. (1995), *Information Technology as a factor of production: The role of differences among firms*. *Economics of Innovation and New Technology*. 3(3–4), 183–200.
- [16] Dauth, W., Findeisen, S., Suedekum, J., Woessner, N. (2021), *The adjustment of labor markets to Robots*. *Journal of the European Economic Association*. 19(6), 3104–3153.
- [17] DeCanio, S. J. (2016), *Robots and humans – complements or substitutes?* *Journal of Macroeconomics*, 49, 280–291.
- [18] Decker, M., Fischer, M., Ott, I. (2017), *Service robotics and human labor: A first technology assessment of substitution and Cooperation*. *Robotics and Autonomous Systems*. 87, 348–354.

- [19] Dottori, D. (2020). *Robots and employment: Evidence from Italy*. SSRN Electronic Journal.
- [20] Eggertsson, G., Mehrotra, N. (2014). *A Model of Secular Stagnation*.
- [21] Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P., Rock, D. (2023). *GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact Potential of Large Language Models*. University of Pennsylvania.
- [22] Felten, P. (2023). *Connections Are Everything*.
- [23] Frey, C. B., Osborne, M. A. (2017). *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?* *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254–280.
- [24] Gmyrek, P., Berg, J., Bescond, D. (2023). *Generative AI and jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality*. International Labour Organization, August 2023.
- [25] Goos, M., Manning, A. (2007). *Lousy and lovely jobs: The rising polarization of work in Britain*. *Review of Economics and Statistics*, 89(1), 118–133.
- [26] Goos, M., Rademakers, E., Salomons, A., Willekens, B. (2019). *Markets for jobs and their task overlap*. *Labour Economics*
- [27] Jacobs, A., Heylen, F. (2021). *Demographic change, secular stagnation and inequality: automation as a blessing?* Department of Economics, Ghent University October 2021.
- [28] Lipsey, Mark W. (2005). *Encyclopedia of Evaluation*.
- [29] McElheran, K., Li, J. F., Brynjolfsson, E., Kroff, Z., Dinlersoz, E., Foster, L., Zolas, N. (2023). *AI Adoption in America: Who, What, and Where*.

- [30] Montobbio, F., Staccioli, J., Virgillito, M., Vivarelli, M. (2022). *The Empirics of Technology, Employment and occupations: Lessons learned and challenges ahead*. SSRN Electronic Journal.
- [31] Pouliakas, K. (2018). *Determinants of automation risk in the EU labour market: A skills-needs approach*. SSRN Electronic Journal.
- [32] Romer, P. (1990). *Are Nonconvexities Important for Understanding Growth?*
- [33] Solow, R. M., Hamberg, D. (1957). *Economic growth and instability*. *Econometrica*, 25(4), 612.
- [34] Woltjer, G., van Galen, M., Logatcheva, K. (2019). *Industrial Innovation, Labour Productivity, sales and employment*. *International Journal of the Economics of Business*, 28(1), 89–113.

Appendice A

Descrizione del modello base

A.1 Equazioni del modello base

In questa sezione è presente la descrizione quantitativa del modello così come è stata presentata da Eggerston et al. (2014), comprensiva dell'implementazione posta in essere da Crescentini & Giri (2023).

La prima parte comprende tutte le equazioni che sono chiamate a comporre lo Steady State di partenza (1970) e quello di arrivo (2015). Nella seconda invece viene descritta la dinamica transizionale che porta alla determinazione delle variabili prese in esame nel corso del periodo oggetto di studio.

Equazioni: Steady State

$$j \in \{26, \dots, J = 81\}$$

$$n^{26} = 1 \tag{A.1}$$

$$n^{j+1} = \frac{s^j \cdot n^j}{1 + n} \tag{A.2}$$

$$\text{for } j \in \{26, J - 1\}$$

$$\frac{1}{\beta} = \left(\frac{c^{j+1}}{c^j} \right)^{-\frac{1}{\gamma}} \cdot (1 + r) + \lambda^{j+1} \cdot \frac{sv^{j+1}(c^j)^{\frac{1}{\gamma}}}{su^j \beta^j \epsilon} \tag{A.3}$$

$$\text{for } j \in \{26, J - 1\}$$

$$x_{t+80}^{81} = \left(\frac{\Gamma_{t-80}^{26}}{\mu} \right)^{-\gamma} c_{t+80}^{81} \tag{A.4}$$

$$x^J = \left(\frac{\Gamma}{\mu} \right)^{-\gamma} \cdot c^J \tag{A.5}$$

$$\text{for } j \in \{J\}$$

$$a^j = 0 \tag{A.6}$$

$$\text{for } j \in \{26\}$$

$$\epsilon \cdot a^{j+1} = \frac{(rk + \epsilon(1 - \delta)) \cdot a^j}{sv^j} + \left((1 - \tau) \cdot w \cdot hc^j + \pi^j \right) \cdot (1 + AL_{growth})^j - c^j \tag{A.7}$$

$$\text{for } j \in \{26, \dots, 56\}$$

$$\epsilon \cdot a^{j+1} = \frac{(rk + \epsilon(1 - \delta)) \cdot (a^j + sv^j q^{j+1} \cdot (1 + AL_{growth})^{j+1})}{sv^j} + \dots$$

$$\dots + \left((1 - \tau) \cdot w \cdot hc^j + \pi^j \right) \cdot (1 + AL_{growth})^j - c^j \tag{A.8}$$

$$\text{for } j \in \{56\}$$

$$q^j = \frac{x^J \cdot \Gamma \cdot n^J}{n^j} \tag{A.9}$$

$$\text{for } j \in \{57\}$$

$$\epsilon \cdot a^{j+1} = \frac{(rk + \epsilon(1 - \delta)) \cdot a^j}{sv^j} + \left((1 - \tau) \cdot w \cdot hc^j + \pi^j \right) \cdot (1 + AL_{growth})^j - c^j \tag{A.10}$$

for $j \in \{57, \dots, 65\}$

$$\epsilon \cdot a^{j+1} = \frac{(rk + \epsilon(1 - \delta)) \cdot a^j}{sv^j} - c^j \quad (\text{A.11})$$

for $j \in \{66, \dots, 80\}$

$$c^j = \frac{(rk + \epsilon(1 - \delta)) \cdot a^j}{sv^j} - \Gamma \cdot x^j \quad (\text{A.12})$$

for $j \in \{81\}$

$$\min \left(\lambda^j, a^j + \frac{D^j}{1+r} \cdot (1 + AL_{growth})^j \right) = 0 \quad (\text{A.13})$$

for $j \in \{26, \dots, 65\}$

$$\min \left(\lambda^j, a^j \right) = 0 \quad (\text{A.14})$$

for $j \in \{66, \dots, 81\}$

$$\pi^j = \frac{hc^j \cdot \Pi}{L} \quad (\text{A.15})$$

for $j \in \{26, \dots, 65\}$

$$\frac{p^{int}}{P} = \frac{\theta - 1}{\theta} \quad (\text{A.16})$$

$$A_{adj} = \frac{p^{int}}{P} \cdot \left(\alpha \cdot (AK \cdot K)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \alpha) \cdot (AL \cdot L)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right)^{\frac{1}{\sigma-1}} \cdot (1 - \alpha) \cdot AL^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \cdot L^{-\frac{1}{\sigma}} \quad (\text{A.17})$$

$$w = \frac{\frac{p^{int}}{P} \cdot \left(\alpha \cdot (AK \cdot K)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \alpha) \cdot (AL \cdot L)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right)^{\frac{1}{\sigma-1}} \cdot (1 - \alpha) \cdot AL^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \cdot L^{-\frac{1}{\sigma}}}{A_{adj}} = 1 \quad (\text{A.18})$$

$$rk = \frac{\frac{p^{int}}{P} \cdot \left(\alpha \cdot (AK \cdot K)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \alpha) \cdot (AL \cdot L)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right)^{\frac{1}{\sigma-1}} \cdot \alpha \cdot AK^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \cdot K^{-\frac{1}{\sigma}}}{A_{adj}} \quad (\text{A.19})$$

$$Y = \frac{\left(\alpha \cdot (AK \cdot K)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \alpha) \cdot (AL \cdot L)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}}{A_{adj}} \quad (\text{A.20})$$

$$r = \frac{rk + (1 - \delta)\epsilon}{\epsilon} - 1 \quad (\text{A.21})$$

$$\Pi = \frac{Y}{\theta} \quad (\text{A.22})$$

$$(\text{A.23})$$

$$b \cdot Y \cdot \left((1 + AL_{growth}) \cdot (1 + n) - 1 \right) = g \cdot Y + (1 + r) \cdot b \cdot Y - \tau \cdot w \cdot L \quad (\text{A.24})$$

$$gov^{rev} = (g \cdot Y + r \cdot b \cdot Y) \quad (\text{A.25})$$

$$gov^{deficit} = \frac{\left((1 + AL_{growth}) \cdot (1 + n) - 1 \right) \cdot (b \cdot Y)}{gov^{rev}} \quad (\text{A.26})$$

$$gov^{debt} = b \cdot \frac{Y}{K} \quad (\text{A.27})$$

$$N = \sum_{j=26}^J n^j \quad (\text{A.28})$$

$$L = \sum_{j=26}^J n^j h c^j \quad (\text{A.29})$$

$$C = \sum_{j=26}^J \frac{n^j c^j}{(1 + AL_{growth})^j} \quad (\text{A.30})$$

$$\epsilon \cdot K = \left(\sum_{j=26}^J \frac{\epsilon \cdot n^j a^j}{(1 + AL_{growth})^j} \right) - b \cdot Y \quad (\text{A.31})$$

Equazioni: Transitional Dynamics

$$j \in \{26, \dots, J = 81\}$$

$$n_t^{26} = \frac{n_{t-1}^{25}}{su_{t-1}^{25}} \cdot \Gamma_t \quad (\text{A.32})$$

$$n_t^{j+1} = s_{t-1}^j \cdot n_{t-1}^j \quad (\text{A.33})$$

$$\text{for } j \in \{26, J-1\}$$

$$\frac{1}{\beta} = \left(\frac{c_{t+1}^{j+1}}{c_t^j} \right)^{-\frac{1}{\gamma}} \cdot (1 + r_{t+1}) + \lambda_t^{j+1} \cdot \frac{sv_t^{j+1} (c_t^j)^{\frac{1}{\gamma}}}{su_t^j \beta^j \epsilon_t} \quad (\text{A.34})$$

$$\text{for } j \in \{26, J-1\}$$

$$x_t^J = \left(\frac{\Gamma_{t-J+26}}{\mu} \right)^{-\gamma} \cdot c_t^J \quad (\text{A.35})$$

$$\text{for } j \in \{J\}$$

$$a_t^j = 0 \quad (\text{A.36})$$

$$\text{for } j \in \{26\}$$

$$\epsilon_t \cdot a_{t+1}^{j+1} = \frac{(rk_t + \epsilon_t(1 - \delta)) \cdot a_t^j}{sv_t^j} + (1 - \tau_t) \cdot w_t \cdot hc^j + \pi_t^j - c_t^j \quad (\text{A.37})$$

$$\text{for } j \in \{26, \dots, 56\}$$

$$\epsilon_t \cdot a_{t+1}^{j+1} = \frac{(rk_t + \epsilon_t(1 - \delta)) \cdot (a_t^j + sv_t^j q_{t+1}^{j+1})}{sv_t^j} + (1 - \tau_t) \cdot w_t \cdot hc^j + \pi_t^j - c_t^j \quad (\text{A.38})$$

$$\text{for } j \in \{56\}$$

$$q^j = \frac{x_{t-1}^J \cdot \Gamma_{t-56} \cdot n_{t-1}^J}{n_t^j} \quad (\text{A.39})$$

$$\text{for } j \in \{57\}$$

$$\epsilon_t \cdot a_{t+1}^{j+1} = \frac{(rk_t + \epsilon_t(1 - \delta)) \cdot a_t^j}{sv_t^j} + (1 - \tau_t) \cdot w_t \cdot hc^j + \pi_t^j - c_t^j \quad (\text{A.40})$$

$$\text{for } j \in \{57, \dots, 65\}$$

$$\epsilon_t \cdot a_{t+1}^{j+1} = \frac{(rk_t + \epsilon_t(1 - \delta)) \cdot a_t^j}{sv_t^j} - c_t^j \quad (\text{A.41})$$

$$\text{for } j \in \{66, \dots, 80\}$$

$$(\text{A.42})$$

$$c_t^j = \frac{(rk_t + \epsilon_t(1 - \delta)) \cdot a_t^j}{sv_t^j} - \Gamma_{t-55} \cdot x_t^j \quad (\text{A.43})$$

for $j \in \{81\}$

$$\min \left(\lambda_t^j, a_t^j + \frac{D_t^j}{1 + r_t} \right) = 0 \quad (\text{A.44})$$

for $j \in \{26, \dots, 65\}$

$$\min \left(\lambda_t^j, a_t^j \right) = 0 \quad (\text{A.45})$$

for $j \in \{66, \dots, 81\}$

$$\pi_t^j = \frac{hc^j \cdot \Pi_t}{L_t} \quad (\text{A.46})$$

for $j \in \{26, \dots, 65\}$

$$\frac{p_t^{int}}{P_t} = \frac{\theta - 1}{\theta} \quad (\text{A.47})$$

$$w_t = \frac{\frac{p_t^{int}}{P_t} \cdot \left(\alpha \cdot (AK_t \cdot K_t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \alpha) \cdot (AL_t \cdot L_t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right)^{\frac{1}{\sigma-1}} \cdot (1 - \alpha) \cdot AL_t^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \cdot L_t^{-\frac{1}{\sigma}}}{A_{adj}} \quad (\text{A.48})$$

$$rk_t = \frac{\frac{p_t^{int}}{P_t} \cdot \left(\alpha \cdot (AK_t \cdot K_t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \alpha) \cdot (AL_t \cdot L_t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right)^{\frac{1}{\sigma-1}} \cdot \alpha \cdot AK_t^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \cdot K_t^{-\frac{1}{\sigma}}}{A_{adj}} \quad (\text{A.49})$$

$$Y_t = \frac{\left(\alpha \cdot (AK_t \cdot K_t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \alpha) \cdot (AL_t \cdot L_t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}}{A_{adj}} \quad (\text{A.50})$$

$$r_t = \frac{rk_t + (1 - \delta)\epsilon_t}{\epsilon_{t-1}} - 1 \quad (\text{A.51})$$

$$\Pi_t = \frac{Y_t}{\theta} \quad (\text{A.52})$$

$$(\text{A.53})$$

$$b_{t+1}Y_{t+1} = g_tY_t + (1 + r_t) \cdot b_tY_t - \tau_t w_t L_t \quad (\text{A.54})$$

$$gov_t^{rev} = g_tY_t + r_t b_tY_t \quad (\text{A.55})$$

$$gov_t^{deficit} = \frac{b_{t+1}Y_{t+1} - b_tY_t}{gov_t^{rev}} \quad (\text{A.56})$$

$$gov^{debt} = \frac{b_tY_t}{K_t} \quad (\text{A.57})$$

$$N_t = \sum_{j=26}^J n_t^j \quad (\text{A.58})$$

$$L_t = \sum_{j=26}^J n_t^j h c^j \quad (\text{A.59})$$

$$C_t = \sum_{j=26}^J n_t^j c_t^j \quad (\text{A.60})$$

$$\epsilon_t \cdot K = \left(\sum_{j=26}^J \epsilon_t n_t^j a_{t-1}^j \right) - b_tY_t \quad (\text{A.61})$$

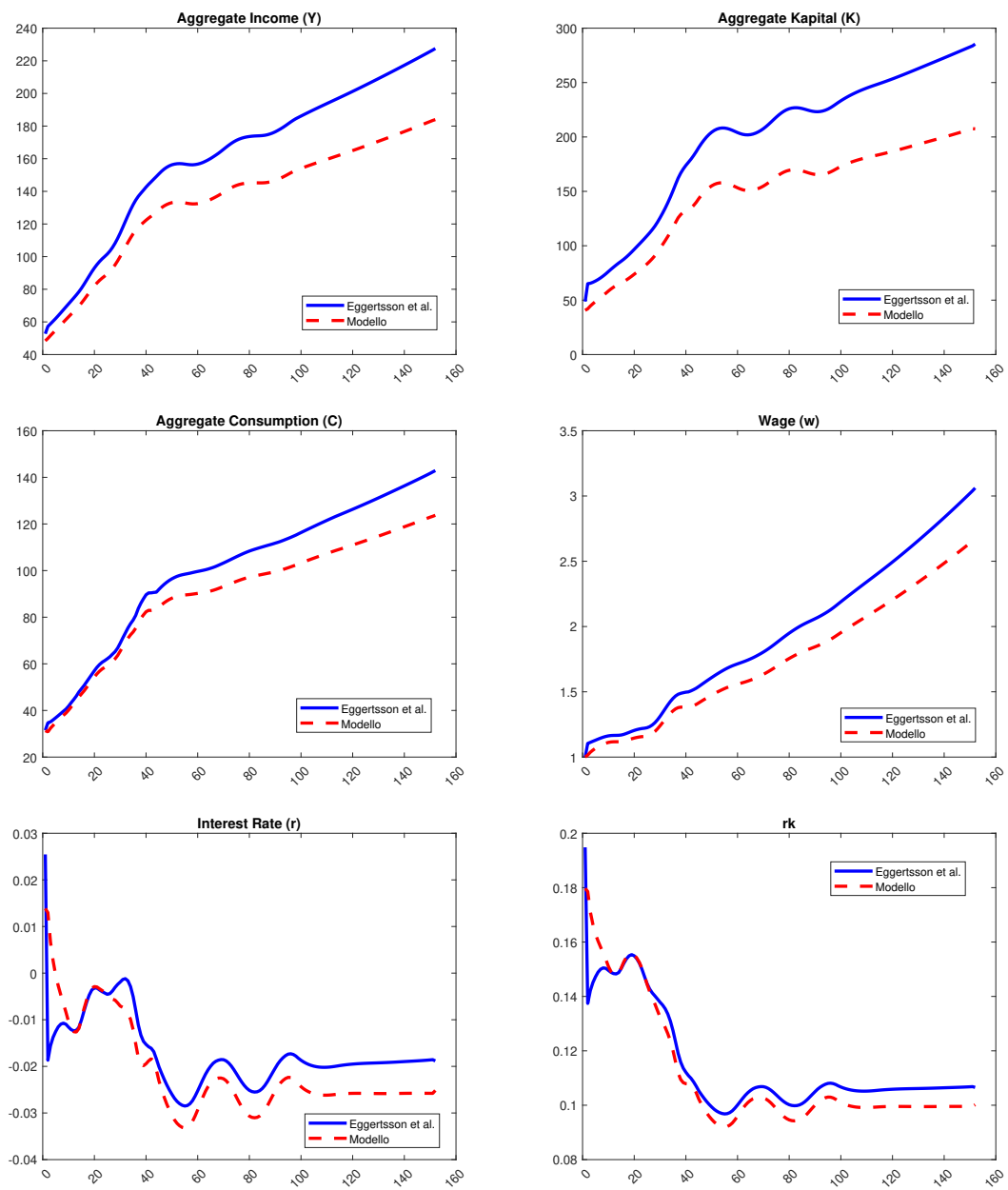
Tabella A.1: *Legenda simboli.*

Var. Endogene	
C	Consumo aggregato
W	Salario
L	Lavoro aggregato
F	Forza motrice
Y	Prodotto aggregato
N	Popolazione aggregata
K	Capitale
I	investimento aggregato
LS	Labor share
PI	Profitto da impresa
r	Tasso di interesse reale
rk	Costo del capitale
a	Capitale investito
n	Tasso di fertilità
lambda	Moltiplicatore lagrangiano
τ	Tassazione
Var. Esogene	
J	Anni all'interno del sistema
T	Arco temporale considerato
s	Tasso di sopravvivenza
P	Livello dei prezzi
D	Limite all'indebitamento
θ	Shock sul potere dell'impresa
e	Relative price of capital goods
b	Rapporto Debito statale su PIL
AL	Produttività del lavoro
Parametri	
β	Tasso di sconto intertemporale
μ	Eredità
α	Peso del capitale nella funzione di produzione
δ	Tasso di deprezzamento del capitale
γ	Tasso di fertilità totale
σ	Elasticità di sostituzione tra capitale e lavoro
g	Tasso di crescita della produttività
z	Probabilità di sostituzione della tecnologia
ν	Quota di lavoro non sostituibile
σ_F	Elasticità di sostituzione tra lavoro umano e robot

Appendice B

Implementazione del modello

Figura B.1: Principali grandezze macroeconomiche. Confronto con il modello di Eggertsson.



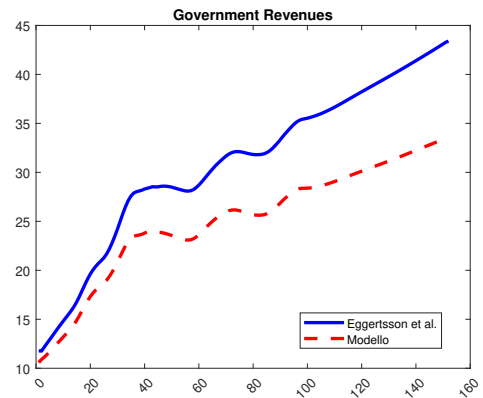
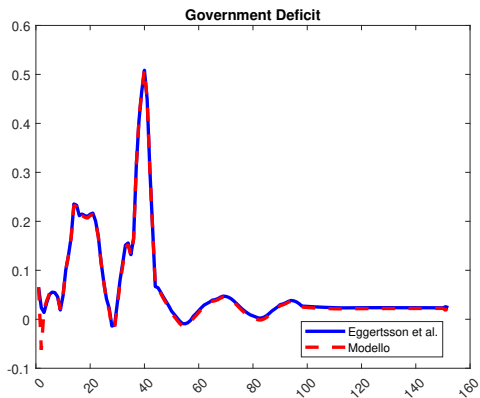
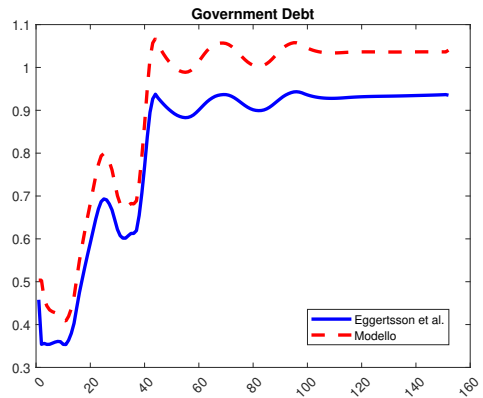
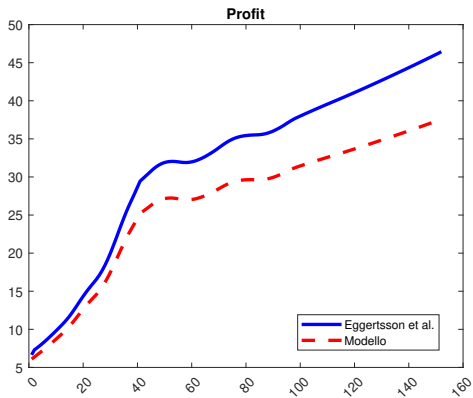
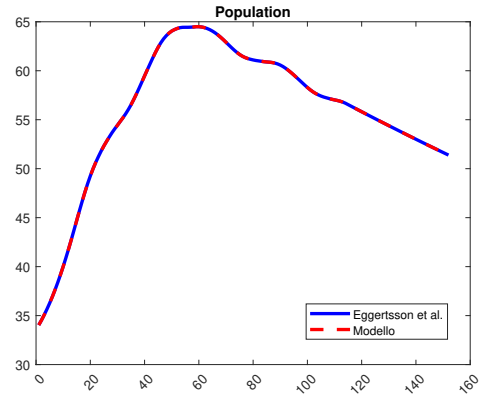
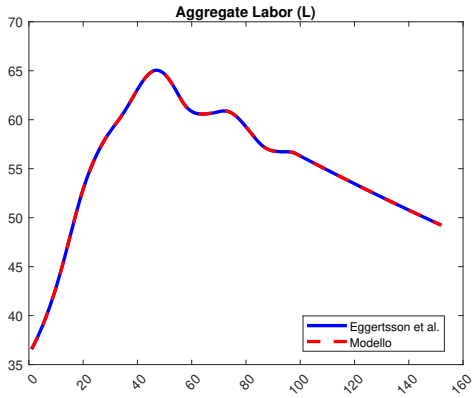
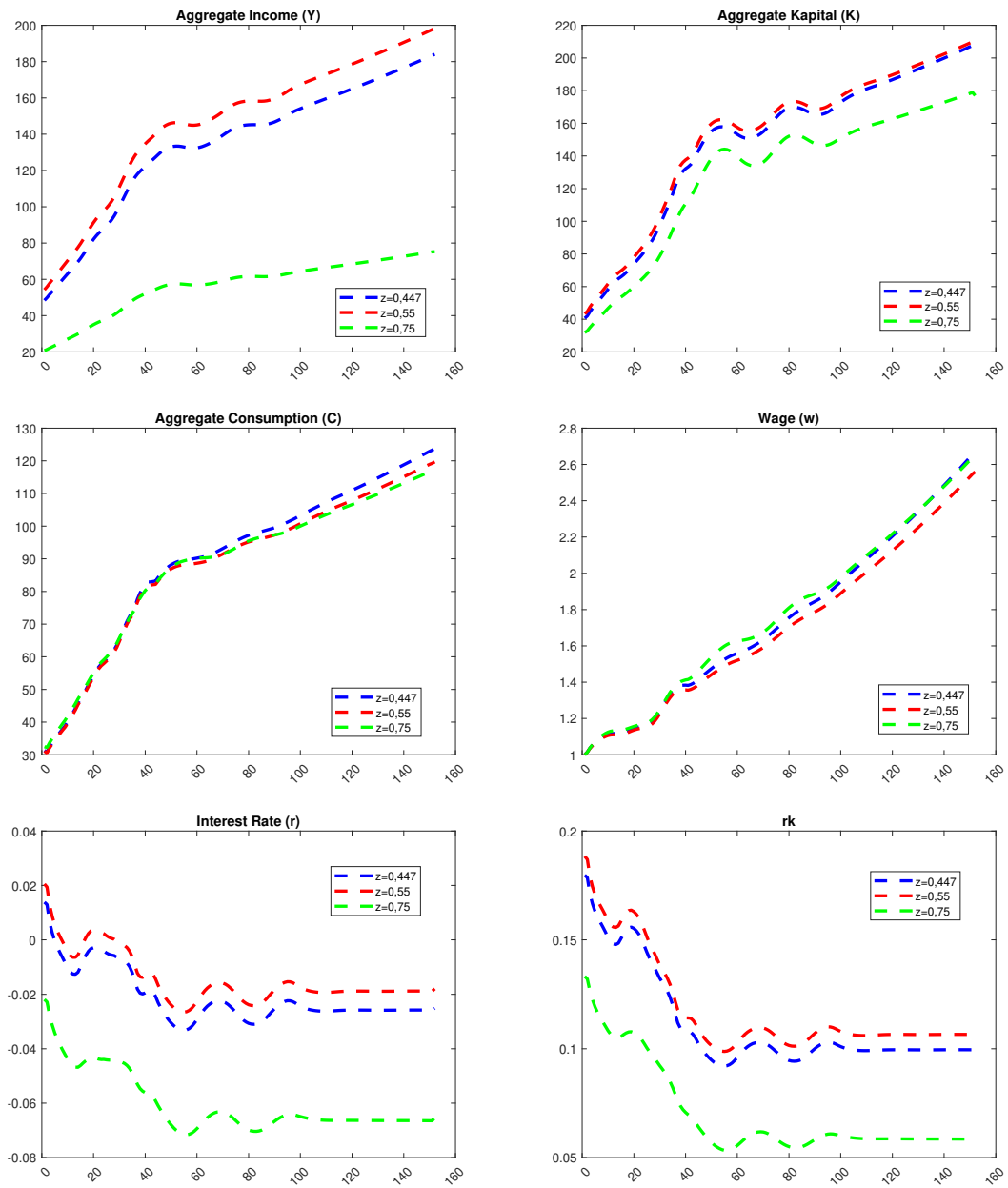


Figura B.2: Confronto di principali grandezze macroeconomiche con diversi valori di z .



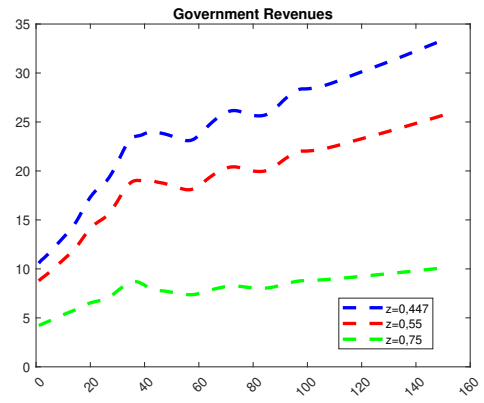
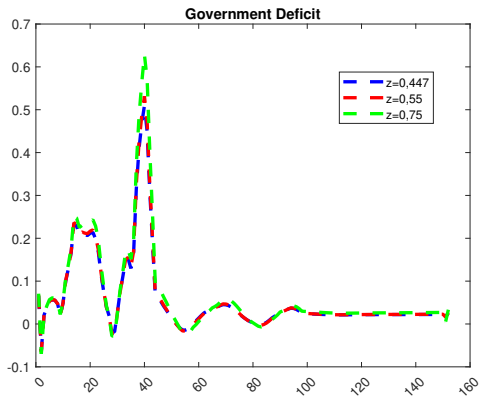
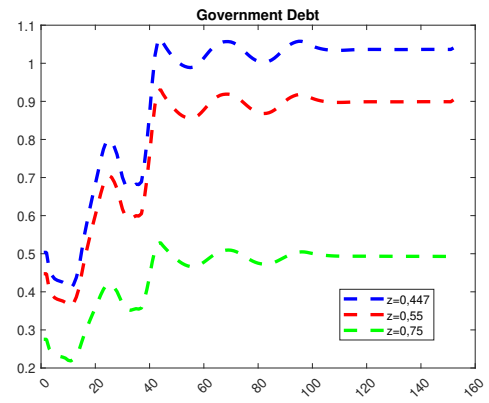
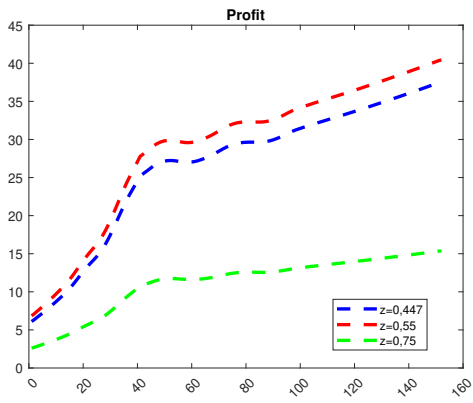


Tabella B.1: Elenco dei mestieri che non presentano alcun compito sostituibile dalla tecnologia con il rispettivo livello di occupati espresso in maniera assoluta e relativa.

Impiego	occupati	$\frac{\text{occupati}}{\text{totoccupati}}$
Tutti gli impieghi	137.896.660	1,000000000
Operatori di attrezzature agricole	27.200	0,000197249
Atleti e Concorrenti Sportivi	11.710	0,000084919
Installatori e riparatori di vetri per autoveicoli	17.160	0,000124441
Meccanici di autobus e camion e specialisti di motori diesel	251.750	0,001825642
Muratori di cemento e finitori di calcestruzzo	163.360	0,001184655
Cuochi	193.170	0,001400832
Frese e rifinitrici, a mano	15.740	0,000114143
Operatori di gru, petrolio e gas	19.330	0,000140177
Addetti alla sala da pranzo e alla mensa e aiutanti baristi	412.830	0,002993764
Operatori di dragaggio	1.850	0,000013416
Installatori e riparatori di linee elettriche	115.380	0,000836714
Operatori di macchine di scavo e carico e dragline, miniere di superficie	-	0,000000000
Strati del pavimento, eccetto moquette, legno e piastrelle dure	9.830	0,000071285
Stampi e anime per fonderia	12.860	0,000093258
Aiutanti: muratori, muratori, scalpellini e incastonatori di piastrelle e marmo	22.970	0,000166574
Aiutanti: falegnami	37.820	0,000274263
Aiutanti: pittori, cartaioli, stuccatori e stuccatori	11.030	0,000079987
Aiutanti: Posatubi, Idraulici, Tubatori e Steamfitters	55.530	0,000402693
Aiutanti: conciatetti	10.810	0,000078392
Tagliatori e trimmer per carne, pollame e pesce	155.390	0,001126858
Meccanici di motocicli	15.850	0,000114941
Operatori di attrezzature per pavimentazione, rivestimento e rinalzatura	53.110	0,000385143
Operatori battipalo	-	0,000000000
Versatori e rotelle, Metallo	9.630	0,000069835
Operatori di posa e manutenzione attrezzature ferroviarie	14.470	0,000104934
Riparatori di materiali refrattari, esclusi i muratori	1.550	0,000011240
Bulloni per tetti, attività mineraria	5.220	0,000037854
Routabout, petrolio e gas	71.790	0,000520607
Macellatori e confezionatori di carne	80.250	0,000581958
Scalpellini	13.210	0,000095796
Rastremazioni	17.500	0,000126907
Riparatori e smontagomme	107.500	0,000779569
Pompatrici della testa di pozzo	12.860	0,000093258

Fonte: Eloundou et al. 2023.

Tabella B.2: Campione di 700 mestieri statunitensi con la rispettiva probabilità di sostituzione z rilevata nel 2015.

Mestieri	z
Terapisti ricreativi	0.0028
Supervisori di prima linea di meccanici, installatori e riparatori	0.003
Direttori della gestione dell'emergenza	0.003
Assistenti sociali per la salute mentale e l'abuso di sostanze	0.0031
Audiologi	0.0033
Terapista occupazionale	0.0035
Ortotisti e protesisti	0.0035
Assistenti sociali sanitari	0.0035
Chirurghi orali e maxillo-facciali	0.0036
Preposti di prima linea degli addetti all'antincendio e alla prevenzione	0.0036
Dietisti e nutrizionisti	0.0039
Gestori degli alloggi	0.0039
Coreografi	0.004
Ingegneri delle vendite	0.0041
Medici e chirurghi	0.0042
Coordinatori didattici	0.0042
Psicologi, tutti gli altri	0.0043
Supervisori di prima linea di polizia e investigatori	0.0044
Dentisti, generale	0.0044
Insegnanti delle scuole elementari, esclusa l'istruzione speciale	0.0044
Scienziati medici, esclusi gli epidemiologi	0.0045
Amministratori scolastici, scuola elementare e secondaria	0.0046
Podologi	0.0046
Psicologi clinici, psicologici e scolastici	0.0047
Consulenti per la salute mentale	0.0048
Modellisti di tessuti e abbigliamento	0.0049
Scenografi ed allestitori	0.0055
Responsabili delle risorse umane	0.0055
Operatori ricreativi	0.0061
Responsabili della formazione e dello sviluppo	0.0063
Patologi del linguaggio	0.0064
Analisti di sistemi informatici	0.0065
Responsabili dei servizi sociali e comunitari	0.0067
Curatori	0.0068
Preparatori atletici	0.0071
Dirigenti dei servizi medici e sanitari	0.0073
Persone che raggiungono la scuola materna, eccetto l'istruzione speciale	0.0074
Consulenti per la gestione di aziende agricole e case	0.0075
Antropologi e archeologi	0.0077
Insegnanti di educazione speciale, scuola secondaria	0.0077
Insegnanti della scuola secondaria, esclusa l'istruzione speciale e professionale	0.0078
Clero	0.0081

Forestali	0.0081
Consulenti educativi, di orientamento, scolastici e professionali	0.0085
Insegnanti di formazione tecnica di carriera, scuola secondaria	0.0088
Infermieri registrati	0.009
Consulenti di riabilitazione	0.0094
Insegnanti e Istruttori, tutti gli altri	0.0095
Tecnici di scienze forensi	0.0095
Truccatori, teatrali e performance	0.01
Ingegneri navali e architetti navali	0.01
Amministratori dell'istruzione, post-secondaria	0.01
Ingegneri meccanici	0.011
Farmacisti	0.012
Logisti	0.012
Microbiologi	0.012
Psicologi dell'industria-organizzazione	0.012
Allenatori e scout	0.013
Responsabili delle vendite	0.013
Idrologi	0.014
Responsabili del marketing	0.014
Terapisti matrimoniali e familiari	0.014
Ingegneri, tutti gli altri	0.014
Specialisti in formazione e sviluppo	0.014
Supervisor di prima linea degli impiegati e degli impiegati di supporto amministrativo	0.014
Scienziati biologici, tutti gli altri	0.015
Responsabili delle pubbliche relazioni e della raccolta fondi	0.015
Artisti e animatori multimediali	0.015
Ricercatori informatici e informatici	0.015
Amministratori Delegati	0.015
Programma per amministratori dell'istruzione, scuola materna e centri per l'infanzia	0.015
Direttori musicali e compositori	0.015
Supervisor di prima linea degli addetti alla produzione e agli operatori	0.016
Agenti di vendita di titoli, materie prime e servizi finanziari	0.016
Scienziati della conservazione	0.016
Insegnanti di educazione speciale, scuola media	0.016
Ingegneri chimici	0.017

Responsabili dell'architettura e dell'ingegneria	0.017
Ingegneri aerospaziali	0.017
Manager delle scienze naturali	0.018
Ingegneri ambientali	0.018
Architetti, esclusi paesaggisti e navali	0.018
Assistenti fisioterapisti	0.018
Ingegneri civili	0.019
Operatori sanitari che si occupano di diagnosi e cura, tutti gli altri	0.02
Scienziati del suolo e delle piante	0.021
Scienziati dei materiali	0.021
Ingegneri dei materiali	0.021
Stilisti	0.021
Fisioterapisti	0.021
Fotografi	0.021
Produttori e registi	0.022
Designer di interni	0.022
Ortodontisti	0.023
Direttori artistici	0.023
Supervisori di prima linea degli ufficiali oozenzionali	0.025
Amministratori, attività religiose e istruzione	0.025
Ingegneri elettronici, esclusi quelli informatici	0.025
Biochimici e biofisici	0.027
Chiropratici	0.027
Assistenti di terapia occupazionale	0.028
Assistenti sociali dell'infanzia, della famiglia e della scuola	0.028
Ingegneri della salute e della sicurezza, escluso l'ambito minerario	0.028
Ingegneri industriali	0.029
Supervisori di macchine e veicoli di trasporto e di movimentazione materiali	0.029
Tecnologi e tecnici veterinari	0.029
Responsabili della produzione industriale	0.03
Tecnici di ingegneria industriale	0.03
Amministratori di reti e sistemi informatici	0.03
Amministratori di database	0.03
Responsabili degli acquisti	0.03
Insegnanti post-secondari	0.032
Scienziati e specialisti ambientali, compresa la salute	0.033
Consulenti per abuso di sostanze e disturbi comportamentali	0.033
Avvocati	0.035
Artisti artigiani	0.035
Analisti di ricerca operativa	0.035
Responsabili dei sistemi informatici e informativi	0.035
Designer commerciali e industriali	0.037
Ingegneri biomedici	0.037
Organizzatori di meeting, convention ed eventi	0.037
Veterinari	0.038

Scrittori e autori	0.038
Responsabili pubblicità e promozioni	0.039
Scienziati politici	0.039
Consulenti del credito	0.04
Scienziati sociali e operatori affini, tutti gli altri	0.04
Astronomi	0.041
Ingegneri navali	0.041
Sviluppatori di software, applicazioni	0.042
Artisti raffinati, tra cui pittori, scultori e illustratori	0.042
Tecnici psichiatrici	0.043
Architetti del paesaggio	0.045
Educatori sanitari	0.045
Matematici	0.047
Designer floreali	0.047
Agricoltori, allevatori e altri gestori agricoli	0.047
Ispettori e specialisti della prevenzione degli incendi boschivi	0.048
Tecnici medici e paramedici di emergenza	0.049
Editori	0.055
Odontoiatri	0.055
Operatori sanitari e tecnici, tutti gli altri	0.055
Guide di viaggio	0.057
Infermieri professionali autorizzati e pratici	0.058
Sociologi	0.059
Arbitri, mediatori e conciliatori	0.06
Scienziati animali	0.061
Consulenti residenziali	0.064
Supervisori della movimentazione delle merci degli aeromobili	0.066
Terapisti della respirazione	0.066
Analisti di notizie radiotelevisive	0.067
Gestori finanziari	0.069
Ingegneri nucleari	0.07
Direttori edili	0.071
Musicisti e cantanti	0.074
Supervisori di prima linea degli addetti alle vendite non al dettaglio	0.075
Supervisori di prima linea degli operatori dei servizi alla persona	0.076
Scienziati e tecnologi alimentari	0.077
Responsabili della conformità	0.08
Guardiani della pesca e della selvaggina	0.08
Grafici	0.082
Responsabili dei servizi di ristorazione	0.083
Operatori per l'infanzia	0.084
Istruttori di fitness e istruttori di aerobica	0.085
Gestori di gioco	0.091
Installatori e riparatori di linee elettriche	0.097
Agenti di pattuglia della polizia e dello sceriffo	0.098
Agenti di viaggio	0.099

Chef e capocuochi	0.1
Addestratori di animali	0.1
Annunciatori radiofonici e televisivi	0.1
Ingegneri elettrici	0.1
Chimici	0.1
Tecnici di terapia respiratoria	0.1
Fisici	0.1
Parrucchieri, acconciatori e cosmetica	0.11
Reporter e corrispondenti	0.11
Controllori del traffico aereo	0.11
Ballerini	0.13
Tecnologi di medicina nucleare	0.13
Sviluppatori di software, software di sistema	0.13
Analisti gestionali	0.13
Tecnici dietetici	0.13
Pianificatori urbani e regionali	0.13
Assistenti dei servizi sociali e umani	0.13
Insegnanti di educazione all'autoarricchimento	0.13
Tecnici di ingegneria del suono	0.13
Optometristi	0.14
Ingegneri minerari e geologici, compresi ingegneri della sicurezza mineraria	0.14
Assistenti medici	0.14
Insegnanti della scuola materna, esclusa l'educazione speciale	0.15
Elettricisti	0.15
Ingegneri petroliferi	0.16
Editori desktop	0.16
Direttori generali e operativi	0.16
Specialisti in salute e sicurezza sul lavoro	0.17
Vigili del fuoco	0.17
Esaminatori finanziari	0.17
Supervisori di prima linea dei settori dell'edilizia e degli addetti all'estrazione	0.17
Insegnanti delle scuole medie, esclusa l'istruzione speciale e professionale	0.17
Specialisti in pubbliche relazioni	0.18
Subacquei commerciali	0.18
Installatori di edifici e case mobili	0.18
Piloti di linea, copiloti e ingegneri di volo	0.18
Insegnanti e istruttori di alfabetizzazione e istruzione di base e secondaria degli adulti	0.19
Epidemiologi	0.2
Gestori di servizi funebri, direttori, impresari di pompe funebri e pompe funebri	0.2
Analisti della sicurezza informatica, sviluppatori web e architetti di reti di computer	0.21
Attuari	0.21
Operatori del controllo degli animali	0.21
Portieri	0.21
Professioni informatiche, tutto il resto	0.22
Statistiche	0.22

Ingegneri hardware informatici	0.22
Ricercatori del sondaggio	0.23
Specialisti delle operazioni aziendali, tutti gli altri	0.23
Analisti finanziari	0.23
Tecnici e tecnologi radiologici	0.23
Tecnici e tecnologi cardiovascolari	0.23
Agenti e manager aziendali di artisti, interpreti e atleti	0.24
Tecnici di ingegneria, esclusi i disegnatori, tutti gli altri	0.24
Geografi	0.25
Tecnici della salute e sicurezza sul lavoro	0.25
Addetti alla sorveglianza e specialisti in trattamenti correzionali	0.25
Tecnici di ingegneria ambientale	0.25
Manager, tutti gli altri	0.25
Autisti e assistenti di ambulanza, esclusi i tecnici medici di emergenza	0.25
Rappresentanti, commercio all'ingrosso e di produzione, prodotti tecnici/scientifici	0.25
Insegnanti di formazione tecnica di carriera, scuola media	0.26
Capitani, ufficiali e piloti di navi d'acqua	0.27
Ausiliari per la terapia occupazionale	0.27
Riparatori di apparecchiature mediche	0.27
Supervisori di prima linea degli addetti alle vendite al dettaglio	0.28
Atleti e concorrenti sportivi	0.28
Supervisori del gioco	0.28
Specialisti della cura della pelle	0.29
Acquirenti all'ingrosso e al dettaglio, esclusi i prodotti agricoli	0.29
Tecnici biologici	0.3
Assistenti medici	0.3
Zoologi e biologi della fauna selvatica	0.3
Cuochi, famiglia privata	0.3
Specialisti in risorse umane, formazione e rapporti di lavoro, tutto il resto	0.31
Detective e investigatori privati	0.31
Montatori cinematografici e video	0.31
Specialisti finanziari, tutti gli altri	0.33
Detective e investigatori criminali	0.34
Tecnologi chirurgici	0.34
Radioterapisti	0.34
Idraulici, tubisti e installatori di vapore	0.35
Assistenti di volo	0.35
Ecografisti medico-diagnostici	0.35
Ufficiali giudiziari	0.36
Programmatori di macchine utensili a controllo numerico, metallo e plastica	0.36
Installatori e riparatori di apparecchiature per telecomunicazioni	0.36
Operatori e tender di fornaci, forni, essiccatoi e bollitori	0.37
Pulitori di veicoli e attrezzature	0.37
Assistenti funebri	0.37

Aiutanti: addetti all'estrazione	0.37
Attori	0.37
Operatori di navette minerarie	0.37
Riparatori elettrici ed elettronici, centrali elettriche, sottostazioni e relè	0.38
Geometri	0.38
Tecnici di ingegneria meccanica	0.38
Imballatori e confezionatori, a mano	0.38
Interpreti e traduttori	0.38
Assistenti sanitari domiciliari	0.39
Tappezzieri	0.39
Installatori e riparatori di ascensori	0.39
Lavoratori delle gabbie da gioco	0.39
Specialisti in collezioni audiovisive e multimediali	0.39
Giudici, giudici magistrati e magistrati	0.4
Meccanici di attrezzature mobili pesanti, esclusi i motori	0.4
Tecnologi e tecnici sanitari, tutti gli altri	0.4
Selezionatrici e selezionatrici, prodotti agricoli	0.41
Costruttori e montatori di strutture metalliche	0.41
Impiegati di diritto giudiziario	0.41
Riparatori elettrici ed elettronici, attrezzature commerciali e industriali	0.41
Tecnici forestali e della conservazione	0.42
Supervisori di prima linea di aiutanti, operai e trasportatori di materiali, mano	0.42
Addetti agli spogliatoi, al guardaroba e agli spogliatoi	0.43
Scienziati fisici, tutti gli altri	0.43
Economisti	0.43
Storici	0.44
Tecnici di apparecchiature mediche	0.45
Impiegati giudiziari, comunali e di licenza	0.46
Specialisti in retribuzioni, benefit e analisi del lavoro	0.47
Assistenti psichiatrici	0.47
Tecnici di laboratorio medico e clinico	0.47
Ispettori e investigatori dei vigili del fuoco	0.48
Tecnici di ingegneria e operazioni aerospaziali	0.48
Espositori di merci e rifinitrici per finestre	0.48
Addetti agli esplosivi, esperti nella gestione degli ordigni e blaster	0.48
Programmatori di computer	0.48
Guardie di attraversamento	0.49
Ingegneri agricoli	0.49
Bulloni per tetti, miniere	0.49
Installatori e riparatori di linee di telecomunicazioni	0.49
Autisti della polizia, dei vigili del fuoco e delle ambulanze	0.49
Operatori di macchine caricatori, miniere sotterranee	0.5
Addetti all'installazione, alla manutenzione e alla riparazione, tutti gli altri	0.5
Reporter del tribunale	0.5

Dimostratori e promotori di prodotto	0.51
Assistenti odontoiatrici	0.51
Lavoratori e riparatori di calzature e pelletteria	0.52
Disegnatori architettonici e civili	0.52
Operatori di trivelle rotanti, petrolio e gas	0.53
Addetti alla rimozione di materiali pericolosi	0.53
Imbalsamatori	0.54
Operatori di macchine minerarie continue	0.54
Supervisor degli slot	0.54
Massoterapisti	0.54
Agenti di vendita di pubblicità	0.54
Installatori e riparatori di vetri per autoveicoli	0.55
Piloti commerciali	0.55
Rappresentanti del servizio clienti	0.55
Tecnici di apparecchiature audio e video	0.55
Assistenti degli insegnanti	0.56
Supervisor di prima linea dei lavoratori dell'agricoltura, della pesca e della silvicoltura	0.57
Tecnici chimici	0.57
Aiutanti posatubi, idraulici, tubisti e steamfitters	0.57
Stimatori dei costi	0.57
Polizia dei trasporti e ferroviaria	0.57
Supervisor degli addetti al paesaggio e alla manutenzione del verde	0.57
Consulenti finanziari personali	0.58
Millwright	0.59
Tecnici e conservatori museali	0.59
Operatori di macchine per il taglio e la canalizzazione delle miniere	0.59
Responsabili del trasporto, dello stoccaggio e della distribuzione	0.59
Tecnici dell'assistenza veicoli ricreazionali	0.59
Tecnici e meccanici dell'assistenza automobilistica	0.59
Ufficiali penitenziari e carcerieri	0.6
Operatori di ripresa, televisione, video e cinema	0.6
Macellatori e confezionatori di carne	0.6
Installatori e riparatori di apparecchiature elettroniche, autoveicoli	0.61
Assistenti fisioterapisti	0.61
Assistenti ai costumi	0.61
Analisti di ricerche di mercato e specialisti di marketing	0.61
Agenzie di prenotazione e biglietteria di trasporto e addetti ai viaggi	0.61
Gestori di impianti e sistemi di trattamento delle acque e delle acque reflue	0.61
Tecnici delle scienze della vita, fisiche e sociali, tutti gli altri	0.61
Operatori e tender di macchine per la cottura degli alimenti	0.61
Incastonatori, operatori e tender di macchine per saldatura, brasatura e brasatura	0.61
Operatori di motoscafi	0.62
Rastremazioni	0.62
Posatubi	0.62

Geoscientiati, esclusi idrologi e geografi	0.63
Installatori e riparatori di controlli e valvole, eccetto porte meccaniche	0.63
Operatori di supporto sanitario, tutti gli altri	0.63
Supervisor di prima linea della preparazione del cibo e del servizio dei lavoratori	0.63
Ispettori edili e edili	0.63
Frese e rifilatori, a mano	0.64
Addetti alla manutenzione e riparazione, generale	0.64
Giudici di diritto amministrativo, giudici e consiglieri uditori	0.64
Addetti al magazzino e compilatori di ordini	0.64
Distributori e dispatcher di energia	0.64
Lavoratori dell'isolamento, meccanici	0.64
Assistenti di ricerca in scienze sociali	0.65
Macchinisti	0.65
Specialisti dell'assistenza informatica	0.65
Bibliotecari	0.65
Installatori e riparatori di apparecchi elettronici per l'intrattenimento domestico	0.65
Installatori di impianti di riscaldamento, condizionamento e refrigerazione	0.65
Operatori di montacarichi e argani	0.65
Addetti alla disinfestazione	0.66
Aiutanti: addetti alla produzione	0.66
Assistenti statistici	0.66
Portieri e addetti alle pulizie, eccetto cameriere e addetti alle pulizie	0.66
Meccanici e tecnici di assistenza motoscafi	0.66
Setter, operatori e tender di macchine per prodotti cartacei	0.67
Stampi e anime per fonderia	0.67
Scienziati dell'atmosfera e dello spazio	0.67
Autisti di autobus, trasporti pubblici e interurbani	0.67
Bagnini, pattuglia di sci e altri addetti ai servizi di protezione ricreativa	0.67
Meccanica delle macchine industriali	0.67
Portalettere del servizio postale	0.68
Petrolio e gas	0.68
Caldaie	0.68
Disegnatori meccanici	0.68
Igienisti dentali	0.68
Autisti di camion leggeri o di servizi di consegna	0.69
Cameriere e addetti alle pulizie	0.69
Pittori, mezzi di trasporto	0.69
Intervistatori di idoneità, programmi governativi	0.7
Riparatori e smonta gomme	0.7
Preparatori alimentari	0.7
Tecnici di avionica	0.7
Meccanici aeronautici e tecnici dell'assistenza	0.71
Specialisti delle operazioni aeroportuali	0.71
Operatori di sistemi di pompe di petrolio, operatori di raffineria e misuratori	0.71
Lavoratori edili e affini, tutti gli altri	0.71

Ottici, distribuzione	0.71
Addetti alla lavanderia e al lavaggio a secco	0.71
Assistenti al divertimento e alla ricreazione	0.72
Assistenti di farmacia	0.72
Aiutanti: roofer	0.72
Caricatori di vagoni cisterna, camion e navi	0.72
Riparatori di elettrodomestici	0.72
Falegnami	0.72
Sistema di diffusione sonora e altri annunciatori	0.72
Settatori, operatori e tender di macchine tessili per maglieria e tessitura	0.73
Responsabili dei servizi amministrativi	0.73
Vetrai	0.73
Avvolgitori, rastrematori e finitori	0.73
Meccanici di autobus e camion e specialisti di motori diesel	0.73
Riparatori di computer, sportelli automatici e macchine per ufficio	0.74
Ausiliari per la cura personale	0.74
Tecnici radiotelevisivi	0.74
Aiutanti: elettricisti	0.74
Sovrintendenti alla posta	0.75
Incastonatori di piastrelle e marmo	0.75
Pittori, costruzione e manutenzione	0.75
Assistenti di trasporto, esclusi gli assistenti di volo	0.75
Tecnici di ingegneria civile	0.75
Meccanici e tecnici dell'assistenza macchine agricole	0.75
Archivisti	0.76
Operatori e gare d'appalto di attrezzature chimiche	0.76
Motori elettrici, utensili elettrici e relativi riparatori	0.76
Caduti	0.76
Scienze e tecnici della tutela ambientale, anche sanitaria	0.77
Fabbri e riparatori di casseforti	0.77
Tagliaboschi e potatori	0.77
Baristi	0.77
Agenti di acquisto, esclusi i prodotti all'ingrosso, al dettaglio e agricoli	0.77
Lavastoviglie	0.77
Cacciatori e cacciatori di pellicce	0.77
Preparatori di apparecchiature mediche	0.78
Incastonatori, operatori di macchine da taglio, punzonatura e pressatura, metallo e plastica	0.78
Operatori informatici	0.78
Operatori di impianti gas	0.78
Elaboratori e operatori di macchine di elaborazione della posta del servizio postale	0.79
Autisti di autocarri pesanti e con autotreni	0.79
Shampooer	0.79
Installatori di cartongesso e pannelli per controsoffitti	0.79
Aiutanti: addetti all'installazione, alla manutenzione e alla riparazione	0.79
Meccanica motociclistica	0.79

Struttura dell'aeromobile, superfici, sartie e assemblatori di sistemi	0.79
Operatori delle apparecchiature di registrazione	0.79
Strati del pavimento, esclusi moquette, legno e piastrelle dure	0.79
Barbieri	0.8
Operatori Derrick, petrolio e gas	0.8
Cuochi, fast food	0.81
Elaboratori di testi e dattilografi	0.81
Disegnatori elettrici ed elettronici	0.81
Tecnici elettromeccanici	0.81
Operatori di attrezzature per la pulizia, il lavaggio e il decapaggio dei metalli	0.81
Gestori di proprietà, beni immobili e associazioni di comunità	0.81
Segretari medici	0.81
Pressatori, tessili, indumenti e materiali correlati	0.81
Assemblatori di motori e altre macchine	0.82
Installatori di sistemi di sicurezza e allarme antincendio	0.82
Riparatori di materiali refrattari, esclusi i muratori	0.82
Custodi di animali non agricoli	0.82
Operatori battipalo	0.82
Muratori e muratori	0.82
Pescatori e relativi addetti alla pesca	0.83
Lavoratori strutturali del ferro e dell'acciaio	0.83
Operatori di freni, segnali e scambi ferroviari	0.83
Conduttori ferroviari e maestri di cantiere	0.83
Cuochi, istituzione e caffetteria	0.83
Marinai e petrolieri marini	0.83
Incastonatori, operatori e tender di macchine per miscelazione e miscelazione	0.83
Aiutanti: muratori, muratori, scalpellini e incastonatori di piastrelle e marmo	0.83
Finitrici segmentali	0.83
Lavoratori dell'isolamento, pavimento, soffitto e parete	0.83
Operatori della tipografia	0.83
Assistenti di assistenza automobilistica e nautica	0.83
Addetti alle fosse settiche e pulitori di tubi fognari	0.83
Portieri e fattorini dei bagagli	0.83
Cambio persone e cassieri di cabina di gioco	0.83
Incastonatori, operatori e tender di laminatoi, in metallo e plastica	0.83
Operatori di attrezzature per pavimentazione, rivestimento e rinalzata	0.83
Produttori di utensili e matrici	0.84
Tecnici di ingegneria elettrica ed elettronica	0.84
Stuccatori e stuccatori	0.84
Addetti al layout, metallo e plastica	0.84
Setter, operatori e tender per torni e torni, metallo e plastica	0.84
Guardie di sicurezza	0.84
Sarti, sarte e cucitori su misura	0.84
Pompanti per testa pozzo	0.84

Correttori di bozze e correttori di copia	0.84
Addetti al controllo dei parcheggi	0.84
Operai e trasportatori di merci, scorte e materiali, mano	0.85
Rappresentanti, commercio all'ingrosso e produzione, esclusi prodotti tecnici e scientifici	0.85
Lettori di contatori, utenze	0.85
Operatori di centrali elettriche	0.85
Operatori di impianti e sistemi chimici	0.85
Perforatrici della terra, esclusi petrolio e gas	0.85
Tecnici nucleari	0.85
Segretari esecutivi e assistenti amministrativi esecutivi	0.86
Operatori di impianti e di sistema, tutti gli altri	0.86
Server di cibo, non ristorante	0.86
Incastonatori, operatori e tender per macchine segatrici, legno	0.86
Operatori di metropolitana e tram	0.86
Assistenti veterinari e custodi di animali da laboratorio	0.86
Incastonatori, operatori e tender di macchine da taglio e affettatura	0.86
Agenti di vendita immobiliare	0.86
Operatori di macchine utensili controllate da computer, metallo e plastica	0.86
Addetti alla manutenzione, macchinari	0.86
Impiegati della corrispondenza	0.86
Lavoratori agricoli vari	0.87
Lavoratori forestali e ambientalisti	0.87
Versatori e rotelle in metallo	0.87
Installatori di tappeti	0.87
Portacarte	0.87
Acquirenti e agenti d'acquisto, prodotti agricoli	0.87
Finitori per mobili	0.87
Addetti alla preparazione del cibo	0.87
Levigatrici e finitrici per pavimenti	0.87
Addetti al parcheggio	0.87
Addetti alla manutenzione autostradale	0.87
Operai edili	0.88
Impiegati di produzione, pianificazione e accelerazione	0.88
Processori di semiconduttori	0.88
Cartografi e fotogrammetristi	0.88
Operatori e tender di forni per l'affinazione dei metalli	0.88
Separazione, filtraggio, chiarificazione, incastri di macchine, operatori e tender	0.88
Macchine per estrusione e formatura di incastonatori, fibre sintetiche e di vetro	0.88
Terrazzieri e finitori	0.88
Affilatrici, limatrici e affilatrici per utensili	0.88
Riparatori di vagoni ferroviari	0.88
Panettieri	0.89
Trascrittori medici	0.89
Scalpellini	0.89
Autisti di autobus, scuola o cliente speciale	0.89

Scrittori tecnici	0.89
Rigger	0.89
Operatori di posa e manutenzione attrezzature ferroviarie	0.89
Ingegneri stazionari e operatori di caldaie	0.89
Operatori di macchine da cucire	0.89
Tassisti e autisti	0.89
Assistenti alle risorse umane, esclusi buste paga e cronometraggio	0.9
Tecnologi di laboratorio medici e clinici	0.9
Rinforzo dei lavoratori del ferro e del tondo per cemento armato	0.9
Conciatetti	0.9
Operatori di gru e torri	0.9
Tecnici del traffico	0.9
Ispettori dei trasporti	0.9
Modellisti, metallo e plastica	0.9
Modellatori, modellatori e fonditori, esclusi metallo e plastica	0.9
Periti e valutatori di beni immobili	0.9
Operatori di pompe, esclusi i pompatori di testa pozzo	0.9
Riparatori di scambi di segnali e binari	0.9
Scrittori e corridori di libri di giochi e sport	0.91
Riparatori e accordatori di strumenti musicali	0.91
Guide turistiche ed accompagnatori	0.91
Riparatori meccanici di porte	0.91
Operatori macchine per torrefazione, cottura ed essiccazione di alimenti e tabacco	0.91
Operatori di compressori gas e stazioni di pompaggio gas	0.91
Tecnici delle cartelle cliniche e dell'informazione sanitaria	0.91
Incastonatori, operatori di macchine per rivestimento, verniciatura e spruzzatura	0.91
Vari presetting di macchine utensili, operatori e tender, in metallo e plastica	0.91
Ingegneri di scali ferroviari, operatori di muli e stallieri	0.91
Installatori e riparatori elettrici ed elettronici, mezzi di trasporto	0.91
Addetti alla sala da pranzo e alla mensa e aiutanti baristi	0.91
Operatori e tender per apparecchiature per il trattamento termico, metallo e plastica	0.91
Tecnici geologici e petroliferi	0.91
Carrozzeria automobilistica e relativi riparatori	0.91
Modellisti, legno	0.91
Operatori e tender di macchine per estrusione e trafilatura, metallo e plastica	0.91
Operatori di macchine per ufficio, esclusi i computer	0.92
Tecnici di farmacia	0.92
Intervistatori e impiegati di prestito	0.92
Operatori di dragaggio	0.92
Agenti di vendita di assicurazioni	0.92
Ebanisti e falegnami da banco	0.92
Addetti alla verniciatura, al rivestimento e alla decorazione	0.92
Costruttori di recinzioni	0.92
Incastonatori, operatori di macchine per placcatura e rivestimento, metallo e plastica	0.92
Venditori al dettaglio	0.92

Addetti alla preparazione e al servizio combinati di cibo, compresi i fast food	0.92
Addetti alla produzione, tutti gli altri	0.92
Aiutanti: falegnami	0.92
Operatori e gare d'appalto di apparecchiature di raffreddamento e congelamento	0.93
Laminatori e produttori di fibra di vetro	0.93
Operatori di unità di servizio, petrolio, gas e miniere	0.93
Operatori di trasportatori e gare d'appalto	0.93
Attrezzature elettriche per esterni e altri meccanici di piccoli motori	0.93
Fucilieri di locomotive	0.93
Alimentatori e distributori di macchine	0.93
Modellisti in metallo e plastica	0.93
Installatori e riparazioni di apparecchiature radio, cellulari e di torre	0.93
Macellai e tagliatori di carne	0.93
Incastonatori, operatori di macchine per estrusione, pressatura e compattazione	0.93
Raccoglitori di rifiuti e materiali riciclabili	0.93
Ispettori ed esattori fiscali e agenti delle entrate	0.93
Incastonatori, operatori e tender per forgiatrici, metallo e plastica	0.93
Operatori di camion e trattori industriali	0.93
Commercialisti e revisori dei conti	0.94
Operatori per macchine utensili di foratura e alesatura, metallo e plastica	0.94
Impiegati postali e operatori postali, escluso il servizio postale	0.94
Camerieri e cameriere	0.94
Tagliatori e tritatutto per carne, pollame e pesce	0.94
Analisti di bilancio	0.94
Muratori di cemento e finitori di calcestruzzo	0.94
Riparatori di biciclette	0.94
Riparatori e addetti alla manutenzione di distributori automatici e slotmachines	0.94
Saldatori, taglierini, saldatori e brasatori	0.94
Corrieri e messaggeri	0.94
Intervistatori, esclusi idoneità e prestito	0.94
Cuochi, ordine breve	0.94
Operatori di macchine da scavo e carico e dragline	0.94
Aiutanti: pittori, cartotecnici, stuccatori e stuccatori	0.94
Addetti alla reception di hotel, motel e resort	0.94
Costruttori di pneumatici	0.94
Addetti alle vendite porta a porta, edicolanti, ambulanti e lavoratori affini	0.94
Supervisori di prima linea degli addetti alle pulizie e delle pulizie	0.94
Ispettori agricoli	0.94
Paralegali e assistenti legali	0.94
Estetisti (manicure e pedicure)	0.95
Pesatori, misuratori, controllori e campionatori, tenuta dei registri	0.95
Incastonatori, operatori e tender di macchine da taglio tessili	0.95
Esattori di fatture e conti	0.95
Operatori dei reattori nucleari	0.95
Ufficiali di sorveglianza del gioco e investigatori del gioco	0.95

Assistenti di biblioteca, impiegati	0.95
Ingegneri operativi e altri operatori di macchine edili	0.95
Addetti alla rilegatura e alla finitura della stampa	0.95
Allevatori di animali	0.95
Operatori di macchine per stampaggio, fabbricazione e colata, metallo e plastica	0.95
Assemblatori di apparecchiature elettriche ed elettroniche	0.95
Operatori e tender di macchine incollatrici	0.95
Addetti al giardinaggio e alla manutenzione del verde	0.95
Rettifica, lappatura, lucidatura, operatori di macchine utensili, metallo e plastica	0.95
Impiegati del servizio postale	0.95
Gioiellieri e lavoratori di pietre preziose e metalli	0.95
Operatori, tranne polizia, vigili del fuoco e ambulanze	0.96
Receptionist e addetti all'informazione	0.96
Impiegati d'ufficio, generale	0.96
Responsabili di retribuzioni e benefici	0.96
Operatori di centralino, compreso il servizio di segreteria	0.96
Addetti al banco, caffetteria, ristorazione e caffetteria	0.96
Spaccarocce, cava	0.96
Segretari e assistenti amministrativi, esclusi quelli legali, medici ed esecutivi	0.96
Tecnici di rilievo e mappatura	0.96
Modellisti, legno	0.96
Avvolgimento, torcitura e stesura di macchine tessili, operatori e tender	0.96
Ingegneri delle locomotive	0.96
Commercianti di giochi	0.96
Riparazione di tessuti, esclusi indumenti	0.96
Cuochi, ristorante	0.96
Uscieri, addetti all'atrio e addetti ai biglietti	0.96
Addetti alla fatturazione e alla registrazione	0.96
Offerte per ponti e chiuse	0.97
Incastonatori, operatori di macchine per la lavorazione del legno	0.97
Assemblatori di squadre	0.97
Operatori e addetti alle macchine per calzature	0.97
Assemblatori di apparecchiature elettromeccaniche	0.97
Operatori e addetti alle macchine per il candeggio e la tintura dei tessuti	0.97
Odontotecnici di laboratorio	0.97
Incastonatori, operatori di macchine per frantumazione, molatura e lucidatura	0.97
Lavoratori di molatura e lucidatura, mano	0.97
Manipolatori,irroratori e applicatori di pesticidi, vegetazione	0.97
Selezionatori di tronchi	0.97
Tecnici di laboratorio oftalmico	0.97
Cassieri	0.97
Riparatori di macchine fotografiche e attrezzature fotografiche	0.97
Proiezionisti cinematografici	0.97

Tecnici e operai della pre stampa	0.97
Addetti allo sportello e al noleggio	0.97
Archivisti	0.97
Intermediari immobiliari	0.97
Operatori telefonici	0.97
Tecnici di scienze agrarie e alimentari	0.97
Addetti alle buste paga e al cronometraggio	0.97
Concessori di credito, controllori e impiegati	0.97
Padroni di casa e hostess, ristorante, lounge e caffetteria	0.97
Modelli	0.98
Ispettori, tester, selezionatori, campionatori e pesatrici	0.98
Impiegati di contabilità, contabilità e revisione contabile	0.98
Segretari legali	0.98
Operatori radiofonici	0.98
Addetti alle vendite di autisti	0.98
Periti liquidatori, esaminatori e investigatori	0.98
Venditori di ricambi	0.98
Analisti del credito	0.98
Incastonatori, operatori e tender per fresatrici e piallatrici, in metallo e plastica	0.98
Addetti alla spedizione, alla ricezione e al traffico	0.98
Addetti agli appalti	0.98
Operatori e tender di macchine confezionatrici e riempitrici	0.98
Acquafortisti e incisori	0.98
Scrutatori	0.98
Arbitri, arbitri e altri funzionari sportivi	0.98
Periti assicurativi, danni auto	0.98
Ufficiali di prestito	0.98
Impiegati dell'ordine	0.98
Impiegati di intermediazione	0.98
Sinistri assicurativi e addetti all'elaborazione delle polizze	0.98
Assemblatori e regolatori di dispositivi di cronometraggio	0.98
Keyer per l'immissione dei dati	0.99
Tecnici della biblioteca	0.99
Nuovi impiegati contabili	0.99
Addetti ai processi fotografici e operatori delle macchine di elaborazione	0.99
Preparatori fiscali	0.99
Cargo e agenti di trasporto	0.99
Guarda i riparatori	0.99
Sottoscrittori assicurativi	0.99
Tecnici matematici	0.99
Fogne, mano	0.99
Esaminatori di titoli, estrattori e ricercatori	0.99
Operatori di telemarketing	0.99

Fonte: Frey e Osborne, 2017.