

ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

---

CAMPUS DI CESENA  
SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA  
Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica, Informatica e  
Telecomunicazioni- ambito Informatico

UN' ANALISI  
DELL'IMPATTO DELL'INFORMATICA  
SUL MERCATO DEL LAVORO

Elaborata nel corso di: Fondamenti di Informatica B

*Tesi di Laurea di:*  
STEFANO BALDINI

*Relatore:*  
Prof. ANDREA ROLI

---

ANNO ACCADEMICO 2014-2015  
SESSIONE II APPELLO I



# PAROLE CHIAVE

Progresso tecnologico ed informatico

Mercato del lavoro

Disoccupazione Tecnologica

Mobile-Robotics

Machine-Learning



A tutti coloro che  
nel bene o nel male  
mi hanno fatto crescere in questi anni



# Indice

<b>Introduzione</b>	<b>ix</b>
<b>1 Presentazione delle fonti</b>	<b>1</b>
1.1 Gli studi di Frey ed Osborne: “il futuro del lavoro” [17] . . .	1
1.2 Gli studi di Autor: “il paradosso di Polanyi e le dimensioni della crescita occupazionale” [6] . . . . .	3
1.3 Gli studi del Pew Research Center: “intelligenza artificiale, robotica e lavoro” [23] . . . . .	4
<b>2 L’impatto dell’informatica sul mondo del lavoro</b>	<b>5</b>
2.1 Sviluppo storico ed effetti della tecnologia . . . . .	5
2.2 Le novità del nostro secolo: l’informatica . . . . .	9
2.2.1 L’informatica nelle attività cognitive non di routine .	10
2.2.2 L’informatica nelle attività manuali non di routine . .	12
2.3 Caratteristiche dei lavori non suscettibili ad automazione . .	14
2.3.1 Attività percettive e di manipolazione . . . . .	14
2.3.2 Attività di intelligenza creativa . . . . .	14
2.3.3 Attività di intelligenza sociale . . . . .	15
2.4 Algoritmo di valutazione . . . . .	17
2.4.1 Fonte dei dati e strategia d’implementazione . . . . .	18
2.4.2 Metodo di classificazione . . . . .	21
2.5 Lavori suscettibili nei prossimi anni . . . . .	26
2.6 Il futuro del mercato del lavoro . . . . .	31
<b>3 Sintesi personale</b>	<b>35</b>
<b>Conclusioni</b>	<b>47</b>





# Introduzione

L'economia è una disciplina complessa e che influenza la nostra vita. Tanti e talvolta incontrollabili sono i fattori che ne determinano l'andamento positivo e più o meno equo per tutti. Tra questi, uno che negli ultimi anni incide in modo rilevante è il progresso tecnologico, soprattutto quello informatico. In questa analisi si cercherà di comprendere cosa caratterizza questa ondata di progresso comparandola con quelle precedenti, così da tentare di prevedere gli effetti sull'economia dei prossimi decenni. Ci si focalizzerà soprattutto sul mercato del lavoro, che ne risente sempre di più. L'aspetto negativo di questo fenomeno si chiama "Technological Unemployment" (disoccupazione tecnologica) ed è un problema che riguarda quasi ogni epoca. Benché gli esperti si trovino in disaccordo su quali siano le cause della persistente alta disoccupazione, Brynjolfsson e McAfee [11] puntano il dito contro l'automazione che ha soppiantato i lavori ripetitivi delle aziende, in quanto facilmente riproducibili da algoritmi a costi sempre minori. Tuttavia, è anche vero che il progresso ha sempre portato aumenti di produttività, e soprattutto nuovi tipi di occupazioni che hanno compensato la perdita di posti di lavoro, nel medio-lungo termine. Quello che potrebbe spezzare questo equilibrio è il ritmo sempre maggiore dell'evoluzione dell'efficienza tecnica rispetto al riassorbimento della forza-lavoro - problema, questo, evidenziato già dall'illustre economista Keynes [20] ad una conferenza a Madrid del 1930. Queste le sue parole:

"Alcuni lettori non ne conoscono ancora il nome ma ne sentiranno parlare nei prossimi anni. Siamo colpiti da una nuova malattia: la disoccupazione tecnologica. Significa che la disoccupazione dovuta alla scoperta di strumenti economizzatori di manodopera procede con ritmo più rapido di quello con cui riusciamo a trovare nuovi impieghi per la manodopera stessa"

Da ciò si crea ansia per il futuro, più o meno motivata. Gli stessi esperti sono spaccati a metà tra chi ha fiducia nei possibili risvolti positivi del progresso e chi invece teme possa comportare scenari catastrofici. Le macchine ci rubano lavoro o ci liberano da esso?

Con questa ricerca ci si pone l'obiettivo di analizzare le effettive prospettive dei prossimi decenni.

Pertanto si analizzeranno le più importanti ricerche sull'argomento. C'è tanta letteratura al riguardo, specie negli ultimi 5 anni, ma sono ancora poche le pubblicazioni ufficiali che centrano il rapporto tra progresso tec-

nologico e mondo del lavoro. Per questo l'analisi focalizzerà principalmente sul lavoro accademico di Frey ed Osborne [17] dell'Oxford Martin School, intitolato "THE FUTURE OF EMPLOYMENT: how susceptible are jobs to computerisation?" (2013). Essi sono stati tra i primi a studiare e quantificare cosa comporteranno le nuove tecnologie in termini di impiego. Il loro obiettivo era individuare le occupazioni a rischio, da qui a vent'anni, nel mercato del lavoro degli Stati Uniti e la relazione che intercorre tra la loro probabilità di essere computerizzati e i loro salari e livello d'istruzione medi, il tutto valutato attraverso l'ausilio di una nuova metodologia che più avanti vedremo nel dettaglio.

A conclusioni simili alle loro, per certi aspetti, è successivamente giunto anche Autor [6]; tra l'altro viene spesso citato per altre sue opere dagli stessi Frey e Osborne, che usano le sue categorizzazioni per impostare la struttura del loro calcolo dell'automatizzabilità dei lavori utilizzando i recenti miglioramenti nelle scienze ingegneristiche quali ML (Machine Learning ad esempio Data mining, Machine vision, Computational statistics o più in generale AI) e MR (Mobile robotics) come strumenti di valutazione.

Oltre alle sue ricerche, si presenteranno i risultati di un recente sondaggio in cui importanti figure dell'informatica e dell'economia esprimono il loro giudizio sul futuro panorama del mondo del lavoro, considerando l'imminente ondata di innovazioni tecnologiche.[23]

La tesi si conclude con un'elaborazione personale sulla questione.

In questo modo si prenderà coscienza dei problemi concreti che il progresso tecnologico potrebbe procurare, ma anche dei suoi aspetti positivi.

# Capitolo 1

## Presentazione delle fonti

In questo capitolo sarà fornita una sintesi delle fonti e dei documenti principali di questo lavoro.

### 1.1 Gli studi di Frey ed Osborne: “il futuro del lavoro” [17]

L’analisi si baserà soprattutto sulla ricerca del 2013 del professore Michael Osborne, co-direttore dell’Oxford Martin Programme on Technology and Employment insieme a Carl Benedickt Frey.

Frey, co-direttore anche del Economics Associate of Nuffield College, è membro anziano del Programme on Employment, Equity and Growth all’Institute for New Economic Thinking di Oxford e del dipartimento of Economic History al Lund University. Le sue ricerche si focalizzano sulla transizione dei paesi industrializzati verso le economie digitali, e le conseguenti sfide per la crescita economica (tra cui, i mercati del lavoro e lo sviluppo urbano). Per garantire la messa in pratica delle sue ricerche al di fuori delle accademie, è molto impegnato politicamente con attività mediatiche e di consulenza. In collaborazione con Citigroup, coopera con i leader del mondo perché si sappiano orientare tra i rapidi cambiamenti dell’economia. Durante il corso della sua carriera, ha anche collaborato con vari governi, come nel caso della Digitalisation Commission del governo svedese e del ruolo di consigliere specialista per il Digital Skills Select Commitee alla camera dei Lords. È stato anche consulente esterno di varie organizzazioni internazionali ed aziende leader.[1]

Osborne è un esperto dello sviluppo di intelligenza delle macchine finalizzata ai bisogni della società. I suoi algoritmi di interpretazione, robusti e scalabili, sono stati applicati con successo in contesti diversi e impegnativi, dall’individuazione di pianeti in sistemi solari lontani all’abilitazione del riconoscimento di cambiamenti (causa lavori stradali) nelle mappe delle vetture auto-guidanti. Il dottor Osborne ha anche profondi interessi nelle più va-

ste conseguenze sociali dell'ML e del MR, ed ha anche analizzato come gli algoritmi intelligenti potrebbero presto sostituire il lavoro umano. [2]

Come detto, questa ricerca si propone di individuare le occupazioni che più rischiano l'automatizzazione, in seguito ai recenti sviluppi dell'intelligenza artificiale e della robotica.

L'idea è quindi di realizzare un algoritmo che tenga conto delle caratteristiche dei vari lavori presi in esame e che valuti se le attuali tecnologie siano in grado di automatizzarli.

Per riuscirci, Frey ed Osborne si rifanno alla distinzione dei lavori fatta da Autor: cognitivi o manuali e ripetitivi o non ripetitivi.[7] La storia ci mostra come i lavori ripetitivi siano facilmente sostituibili da macchine - un tempo solo manuali, oggi anche cognitivi. Inoltre, stiamo entrando in un'era in cui le macchine cominciano a occuparsi anche di alcuni lavori non ripetitivi, come la guida di auto o la ricerca di leggi giuridiche. Esistono framework utili per esaminare l'impatto dei computer sulla composizione dei lavori, ma non per comprendere quello dei più generali trend economici che non riguardano solo azioni ripetitive: l'algoritmo sviluppato copre appunto questo gap.

Tante sono le dimensioni dell'AI e della robotica in cui è possibile avanzare per giungere all'automazione di una mansione, come tanti sono i fattori che la portano all'effettiva implementazione. Per questo l'unico modo per capire se un'occupazione sia più o meno computerizzabile è quello di determinare quali problemi gli ingegneri devono affrontare affinché lo sia, considerando le capacità tecnologiche presenti e quelle del prossimo futuro. Dati i problemi, la difficoltà di risolverli e i legami con altre occupazioni si possono categorizzare i lavori in base alla loro propensione all'automazione.

O\*NET (Occupational Information Network) [3] è un database online istituito dal dipartimento del lavoro degli Stati Uniti che contiene centinaia di definizioni occupazionali, con tanto di indici che ne descrivono in modo standardizzato le varie attività. Da esso i ricercatori hanno estrapolato 702 occupazioni e hanno abbinato le caratteristiche dei problemi ingegneristici (ancora irrisolti) alle peculiarità dei vari lavori, permettendo così di esaminare la direzione futura dei cambiamenti tecnologici - non solo in termini di impatto sulla composizione occupazionale del mercato del lavoro, ma anche di numero di lavori a rischio all'effettivo materializzarsi delle stesse tecnologie.

Per quanto riguarda l'implementazione dell'algoritmo, che vedremo nel dettaglio, si segue l'esempio apportato dalle ricerche simili compiute da Blinder. Egli si è occupato dell'off-shoring, cioè il fenomeno delle aziende che spostano la loro attività all'estero.[8] Ovviamente off-shoring e automazione hanno differente natura: nel caso di Blinder, le caratteristiche occupazionali delle aziende non soggette a offshoring da cui parte la stima erano diverse, cioè quei lavori che si possono fare solo in determinate zone o che richiedono comunicazione diretta, faccia a faccia. L'implementazione della metodologia è comunque la stessa.

## 1.2 Gli studi di Autor: “il paradosso di Polanyi e le dimensioni della crescita occupazionale” [6]

Autor è un economista americano e professore di economia al MIT, dove ricopre anche il ruolo di co-direttore della School Effectiveness and Inequality Initiative. Sebbene i suoi studi diano contributi in vari campi dell'economia, generalmente sono focalizzati sulle economie del lavoro.

Con questo studio, che parte dal paradosso del filosofo Michael Polanyi (1966), Autor ridimensiona le tempistiche dell'impatto dell'AI. Il filosofo osservava:

“Noi sappiamo più di quello che siamo in grado di dire. [...] Le capacità di un guidatore non possono essere rimpiazzate da una completa istruzione nella teoria dell'autovettura; la conoscenza che ho nel mio stesso corpo differisce completamente dalla conoscenza della sua fisiologia.”

Queste considerazioni precedevano di molto l'era del computer, ma al contempo predicono la storia della computerizzazione degli ultimi cinque decenni. Esse possono essere riassunte così: le nostre conoscenze tacite di come il mondo funziona eccedono la nostra comprensione esplicita. Questo documento offre quindi una panoramica concettuale ed empirica della sua evoluzione. Comincia con un profilo dei pensieri storici sulla disoccupazione dell'uomo rimpiazzato dalle macchine, poi considera l'incarnazione contemporanea di questo spostamento delle occupazioni che provoca una polarizzazione del mercato. Ci ritroviamo così una contemporanea crescita degli impieghi ad alto reddito ed alto livello di istruzione, e di impieghi a basso reddito e basso livello di istruzione, manifestazione del paradosso di Polanyi. Poi riflette su alcuni recenti avanzamenti nell'AI e nella robotica che dovrebbero ridimensionare le idee riguardo l'andamento del riassetto occupazionale e la crescita del lavoro. Un'osservazione chiave del documento è che giornalisti ed esperti esagerano la vastità del fenomeno delle sostituzioni del lavoro umano e ignorano la forte complementarità. Le sfide per la sostituzione degli uomini in attività che richiedono adattabilità, buon senso e creatività, rimangono immense. Le scienze informatiche contemporanee cercano di superare il paradosso di Polanyi costruendo macchine che imparino dall'esempio umano, quindi deducendo regole che tacitamente attuiamo senza comprenderle esplicitamente.

La maggior parte di queste affermazioni sono in linea con le ricerche di Frey ed Osborne, motivo per cui faremo solo pochi accenni a questa fonte non ufficiale.

### **1.3 Gli studi del Pew Research Center: “intelligenza artificiale, robotica e lavoro” [23]**

Il Pew Research Center è un “fact tank” che informa su problemi, opinioni e trend che modellano l’America e il mondo. Non prende posizione politica. Conduce sondaggi di opinione pubblica, ricerche demografiche, analisi di contenuti multimediali ed altre di scienze sociali empiriche. Il Pew Research Center è affiliato al Pew Charitable Trusts.

La ricerca del 2014 che prendiamo in considerazione è ricca di pareri di esperti (1896 intervistati) provenienti da settori collegati a questo argomento. Leggendola si può notare come, per quanto ci sia larga condivisione e consistenza nelle previsioni riguardo l’evoluzione della tecnologia, sussiste, invece, grande eterogeneità di pensiero sul futuro del lavoro. Ciononostante, sono rintracciabili due principali correnti: chi teme che il numero di posti di lavoro distrutti avrà un ritmo sempre superiore di quello che l’innovazione crea, e chi invece trova queste paure infondate ed è fiducioso nel progresso. Entrambi forniscono diverse motivazioni che il centro di ricerca cataloga, così da formare un quadro chiaro, sebbene poco incisivo per una presa di posizione. Pertanto, per semplicità, si osserveranno i punti di forza di entrambe le previsioni. In questo modo, è vero, si lascerà aperto il risultato dell’analisi, però avremo delle chiavi di lettura del futuro che ci attende.

## Capitolo 2

# L'impatto dell'informatica sul mondo del lavoro

In questo capitolo è presente il cuore dell'analisi. Qui si trovano gli elementi con cui giungere a una valutazione dell'impatto dell'informatica sulla prossima conformazione del mercato del lavoro.

### 2.1 Sviluppo storico ed effetti della tecnologia

Per più di quattro millenni, fino al 1700, il progresso è stato lento se non addirittura nullo. Il miglioramento del tenore di vita in questo lasso di tempo è stato mediamente del 50%, mai più del 100%. Sin dagli albori dell'umanità abbiamo avuto lingua, fuoco, animali, grano, orzo, aratro, ruota, remo, vela, pelli, teli, mattoni, terrecotte, oro, rame, piombo, banche, governi, matematica, astronomia, religione, e poco è cambiato fino al XVIII secolo. Questo lungo periodo è stato caratterizzato dall'assenza di due fattori, ben legati tra loro:

- miglioramenti tecnici
- accumuli di capitali

Durante il XVI secolo ebbe luogo un notevole accumulo di capitali da parte della Spagna e dei vari colonizzatori europei che predavano le Americhe. Tra il XVI-XVIII secolo ci fu l'era delle invenzioni tecnico-scientifiche. [20] Le innovazioni portano enorme ricchezza, ma anche distruzione non voluta. Nel 1589 William Lee inventa la prima macchina da maglieria per la produzione di calze da donna, ma gli viene più volte rifiutata la richiesta di un brevetto da parte della regina Elisabetta I, per via delle pressioni delle gilde di artigiani che ancora le lavoravano a mano. Fu quindi costretto a rifugiarsi in Francia, dove la sua invenzione venne approvata e diede inizio a una rivoluzione tessile che sfavorì l'Inghilterra finché non si decise ad adottarla

(1779).[4]

Secondo Mokyr, “finché tutti non accettano il “verdetto” dei risultati di mercato favoreli, la decisione di adottare un’innovazione verrà contrastata da chi ci rimette, con meccanismi di mercato e attivismi politici” [21]. L’equilibrio tra la diffusione di una tecnologia e la conservazione dei lavori che minaccia, riflette l’equilibrio di potere nella società e come viene distribuito il guadagno apportato dal progresso.

I governi comprendono che proibire l’innovazione lascia indietro il proprio paese, dando così la possibilità ad un altro di trarne vantaggio al posto suo. Per questo si nota un cambio di direzione nell’assecondare chi si sentiva minacciato dagli avanzamenti tecnologici. In Inghilterra questo cambio è stato dato dalle classi possidenti al potere che non avevano problemi ad adottare queste macchine, ma anzi ci guadagnavano. Gli artigiani, invece, non contavano abbastanza e quindi non avevano voce in capitolo. I benefici riguardavano anche gli inventori, i consumatori e soprattutto i lavoratori non qualificati. Siamo dinnanzi a una dequalificazione del lavoro: le macchine rendono più semplici le mansioni che normalmente richiedevano la maestria artigiana. La semplicità con cui, usando un macchinario, chiunque potesse ottenere lo stesso prodotto di un artigiano, rende le loro qualità obsolete. Questo fattore si è accentuato sempre di più con i ritmi delle fabbriche che utilizzavano la forza vapore.[17]

Lo sviluppo cruciale fornito dalle invenzioni tecnico-scientifiche si vede dal XIX secolo. Arrivano carbone, vapore, elettricità, petrolio, acciaio, gomma, cotone, chimica, produzioni di massa, telegrafo, stampa, Darwin, Einstein. [20]

Le catene di assemblaggio diventano un pattern soprattutto grazie all’elettricità. Solo nel XX secolo il progresso diventa favorevole ai lavoratori qualificati (mediamente qualificati); questo perché molti lavori si automatizzano, quindi servono dei supervisori. Nascono così i “colletti bianchi” che svolgono lavori non produttori. Crescono i guadagni, i capitali e le dimensioni delle aziende. La rivoluzione dei trasporti abbatte costi locali ed internazionali: si espandono anche le dimensioni dei mercati facendo crollare quelli che erano i monopoli locali e con l’arrivo della concorrenza, se non lo avevano già fatto, anche negli altri paesi sono costretti a meccanizzare il lavoro.[17]

Un dato davvero significativo è che, nonostante il grande aumento di popolazione, il tenore di vita medio è quadruplicato al 1930 (case, auto, ...).[20] Di lì a cent’anni Keynes prevedeva un incremento ancora superiore: 8 volte tanto quello raggiunto. Sbagliava, ma in difetto. Grazie all’accelerazione impressa dalla seconda guerra mondiale, dalla globalizzazione, dallo sviluppo scientifico-tecnologico, dalla scolarizzazione e dai mass media, lo sviluppo è stato molto maggiore.[14]

Sempre nel XX secolo si innesca una gara tra educazione e tecnologia: l’elettricità porta macchine d’ufficio, utilissime a questa nuova categoria di lavoratori, ma per utilizzarle serve un certo grado di istruzione. Proprio



in questo periodo si registra un boom di studenti, e l'offerta è così tanta - in economia per "chi offre lavoro" si intende "chi fa domanda di lavoro"- che vengono pagati meno. Questo spiega come la differenza salariale in base all'istruzione sia andata restringendosi tra il 1915 ed il 1980. Solo successivamente si è ampliata largamente, e la causa viene attribuita proprio all'adozione di computer ed all'IT.

Negli anni '60 registriamo il primo robot industriale, alla General Motors. Negli anni '70 inizia la tecnologia self-service, per prenotazioni aeree. I costi di computazione si abbassano sempre più rapidamente e la potenza computazionale aumenta secondo la famosa legge di Moore. Negli anni '80 arrivano il codice a barre, bancomat, personal computer con fogli elettronici di scrittura e calcolo.

La rivoluzione dei computer può spiegare la disuguaglianza di stipendi venuta a crearsi negli ultimi decenni. Chi lavora al PC guadagna più di altri e questo influisce sulla quota dei ritorni allo studio. Chi svolge lavori di routine come quelli manifatturieri, con redditi medi, si trova a doversi riallocare nel settore dei servizi perché meno soggetto a computerizzazione, ma a paghe più basse e dopo un ritorno allo studio richiesto. Oltre a questo, si registra un aumento di coloro che si occupano di problem-solving. Si crea in questo modo una polarizzazione del mercato per la quale scompaiono i lavori con paghe medie. Si trovano così lavori cognitivi a redditi alti da una parte e lavori manuali poco pagati dall'altra. Le tecnologie, sempre più sofisticate, pervadono ogni settore. I software rendono ridondanti i lavoratori creando grossi problemi al mercato del lavoro.

Nella storia l'avanzamento tecnologico ha cambiato molto l'assetto del lavoro, ma la paura della disoccupazione è sempre stata esagerata. Dopo questo excursus si comprende che gli effetti principali del progresso tecnologico sul lavoro sono due:

- il modo in cui sostituisce il lavoro è distruttivo per i lavoratori che sono costretti a riallocarsi,
- l'effetto capitalizzante - per cui le aziende che vi investono, essendo altamente produttive, si allargano creando nuovi posti di lavoro.

L'uomo ha la capacità di adattarsi e acquisisce nuove capacità attraverso l'istruzione. Secondo Keynes, però, il ritmo del progresso è superiore al riassorbimento dei lavoratori, e con l'automazione che entra anche nel dominio cognitivo la sfida sarà sempre più ardua. Ad aggravare la situazione, per quanto negli ultimi decenni ci siano sempre più lavoratori preparati in quanto a educazione scolastica, la domanda da parte delle aziende sta calando in quanto cercano personale meno preparato. Questo costringe chi ha studiato a fare lavori meno pagati, affossando ancor di più chi non ha nemmeno un buon grado di istruzione, spesso tagliandolo completamente fuori.[17]

Alla luce di ciò ci si chiede se l'uomo possa vincere la "gara contro le macchine" [11] attraverso l'educazione e quanto è grande la potenziale "disoccupazione tecnologica" data dal progresso tecnologico il cui ritmo sta aumentando.

Nella loro ricerca Frey e Osborne sottolineano di incentrarsi solo sull'effetto distruttivo, che è comunque utile per capire quali posti di lavoro subiranno una crescita di domanda nei prossimi decenni.

## 2.2 Le novità del nostro secolo: l'informatica

Si è appurato che, di tutti gli avanzamenti tecnologici, quello apportato dall'informatica negli ultimi decenni ha avuto e sta avendo effetti mai visti. Per comprendere quello che ci aspetta dobbiamo capire nel dettaglio quello che ora sta succedendo.

La caduta dei prezzi di computazione è stata un grande incentivo perché i datori di lavoro sostituissero il lavoro umano con il capitale computeristico - cioè, accumuli di computer e attrezzature comandate dagli stessi, come mezzo di aumento di capitale. Tale processo è delimitato da quanto l'avanzamento tecnologico permetterà al problema ingegneristico da risolvere di essere sufficientemente specificato.[17]

Non a caso uno dei nostri motti studiato a lezione di ingegneria del software per la realizzazione di un programma recita: “Non c'è codice senza progetto. Non c'è progetto senza analisi del problema. Non c'è problema senza requisiti.” Seguendo lo studio di Frey e Osborne, che parte dall'analisi dei requisiti degli attuali problemi ingegneristici dell'informatica, si comprenderà in modo più preciso come è sorto il loro algoritmo.

Esaminiamo ora la vasta gamma di attività che ci si può attendere le attrezzature comandate da computer svolgano nei prossimi decenni. In particolare si focalizzerà su avanzamenti in Machine Learning (ML), includendo Data Mining, Machine Vision, Computational Statistics ed altri sotto-campi dell'Artificial Intelligence (AI) che si occupano dello sviluppo di algoritmi per l'automatizzazione di attività cognitive. Inoltre si analizzerà la loro applicazione nella Mobile Robotics (MR), e quindi l'avanzamento dell'automazione delle attività manuali.

Per fare questo ci si avvale della categorizzazione delle attività di Autor (si veda la Figura 2.1): [7]

Le attività di routine, sia cognitive che manuali, sono quelle che seguono regole specifiche e possono, quindi, essere replicate dalle macchine. Quelle non di routine, invece, non sono sufficientemente ben comprese per essere specificate nel codice.

A livello storico, l'automazione è stata confinata alle sole mansioni di routine, attraverso esplicite attività rule-based tipiche degli algoritmi. Questo limite, però, è prossimo a essere superato: sempre più vengono automatizzati anche compiti considerati non di routine (come la decifrazione della scrittura a mano o la guida di automobili), ma che per noi non rientrano in questa categoria.

Le recenti scoperte tecnologiche sono in gran parte uno sforzo di trasporre in problemi definiti delle attività non ripetitive. Per riuscirci è necessario

ATTIVITA' LAVORATIVE	di routine	non di routine
cognitive	Attività cognitive ripetitive	Attività cognitive non ripetitive
manuali	Attività manuali ripetitive	Attività manuali non ripetitive

Figura 2.1: *Suddivisione delle attività lavorative in 4 possibili casi. Categorizzazione costruita da David Autor*

raccogliere grandi quantità di dati. Essi, infatti, producono misure quantificabili ed oggettive del successo di un algoritmo, permettendo così di migliorarlo (un po' come cerca di migliorarsi l'uomo). Pertanto l'automazione si può allargare ad attività di non-routine non appena si rende disponibile una fonte di big data che le riguardino. E la recente produzione di big data in quantità gigantesche ha aiutato molto.[17] La Cisco System calcola che nel 2016 il traffico internet sarà intorno ad 1 Zettabyte ( $1 \times 10^{21}$  bytes). Per capire quanto sia grande questa cifra, consideriamo che nel 2003 sono state stimate le dimensioni che occuperebbero le informazioni contenute in tutti i libri del mondo per una cifra pari a 480 Terabytes ( $5 \times 10^{14}$  bytes). Un'ipotetica trascrizione di tutte le parole pronunciate da tutti gli uomini di tutti i tempi fino a quel momento corrisponderebbe a 5 Exabyte ( $5 \times 10^{18}$  byte).[13]

Vediamo dunque come l'informatica stia entrando nelle attività lavorative (eccetto quelle di routine, che non sono una novità per la nostra ricerca).

### 2.2.1 L'informatica nelle attività cognitive non di routine

La scalabilità è il punto forte delle macchine (o meglio delle reti di macchine) per lavorare con big data, rispetto al lavoro umano. Sono in grado di gestire meglio i grossi calcoli nell'uso di grandi dataset e in certi casi sono più capaci dell'uomo nel trovare pattern.[17] Ma, per quanto ottenga strabilianti risultati, Autor ci mostra l'imperfezione di questi mezzi.



Figura 2.2: *British Broadcasting Company* (26 giugno 2012, <http://www.bbc.com/news/technology-18595351>)

Un articolo del 2012 del New York Times ci descrive il recente progetto del Google's X Lab's che chiede a una rete neurale di 16.000 processori di identificare le immagini di "gatti" su YouTube. Come possiamo vedere dalla Figura 2.2, tra i risultati compare anche una foto di due tazze, che molto vagamente può dare l'idea di un gatto.[6]

Un altro vantaggio delle macchine è l'assenza di deviazioni dall'attività che devono svolgere. Sono programmate anche per fare solo e continuamente lo stesso lavoro, mentre l'uomo ha bisogno di pause, brevi distrazioni, rifocillarsi, utilizzare i servizi igienici, ecc. Tutte attività estranee all'effettiva occupazione. Inoltre, ciò che gli uomini fanno al di fuori dell'attività lavorativa influisce il loro stesso lavoro. Le macchine, invece, restano imparziali. Esiste una ricerca che dimostra come, dopo pranzo, i giudici israeliani siano molto più generosi nelle sentenze.

L'automazione ha cambiato la natura di molti lavori. Un esempio è il medico, che ha accesso a milioni di referti con cui confrontarsi, comparando in modo automatizzato sintomi, genetica, storia clinica personale e familiare, per diagnosticare malattie e programmare trattamenti con probabilità di successo più alte. Nei servizi legali e finanziari possiamo citare il famoso esempio del Symantec's Clearwell System che, dato un concetto generale, analizza 570.000 documenti ed è in grado di riconoscere i punti in cui se ne parla; così, nel

giro di due giorni, stila quali sono le parti salienti che riguardano la ricerca.

I sensori sono un'importante risorsa dei big data. Costano sempre meno e si piazzano ovunque: pensiamo al controllo di un paziente, l'umidità per certe colture, il controllo idraulico dei servizi di acqua e fognature, il funzionamento dei pali della luce. E la raccolta dei dati è automatica, evitando, per esempio, che l'addetto ai contatori debba recarsi di casa in casa.

Un altro buon aiuto per l'inserimento in queste attività è fornito da avanzamenti nella user interface. Pensiamo a Google Now e Siri, che registrano le nostre parole e tentano di interpretarle. Non riconoscono i termini, ma comparandole con i loro big data le interpretano e "recitano" di conseguenza. L'azienda SmartAction usa questa tecnologia al posto degli operatori telefonici. Anche l'educazione, che dovrebbe essere il settore meno suscettibile all'automazione, presto potrà sfruttare tutor automatizzati che si baseranno sulle informazioni raccolte da corsi online, forum, ecc.

Gli algoritmi si rivelano utili agli operatori umani come suggeritori, ma sono meno adatti per ruoli decisionali. Nonostante ciò, consideriamo che nel settore finanziario esistono già degli algoritmi liberi di prendere decisioni per la compravendita di azioni, là dove il tempo può letteralmente voler dire denaro. Infatti sono in grado di processare un gran numero di compravendite istantaneamente, dare annunci e comunicati stampa in contemporanea.

Persino il lavoro degli ingegneri informatici sarà in gran parte automatizzato. Un esempio è l'avanzamento nel ML che permette di lasciare ad un programma l'ottimizzazione di parametri complessi e di scelte di design. Possono anche rilevare bug in automatico, molti dei quali l'ingegnere difficilmente troverebbe. Gli enormi database di codice aiutano il programma affinché impari a codificare.

Nella storia il progresso tecnologico ha sempre influenzato le attività manuali, ma ora i computer stanno sfidando il lavoro umano anche nei campi cognitivi. Ma il momento in cui diverse di queste occupazioni verranno interamente automatizzate è ancora lontano. Nel frattempo, però, permetterà all'uomo di risparmiare molto del suo tempo, così da dedicarsi ad altre attività.[6]

### **2.2.2 L'informatica nelle attività manuali non di routine**

La MR da il giusto mezzo al ML di influenzare l'allargamento dell'automazione alle attività manuali.

Già il settore manifatturiero è impregnato di robot industriali. Quelli più

avanzati sono in grado di svolgere anche attività non di routine e vengono progettati con capacità di azione e movimento che tuttora nemmeno servono, ma che presto permetteranno loro di compiere altri tipi di operazioni (un esempio di questo genere proviene dalla General Electric).

Le auto piene di sensori (telecamere, GPS, LIDAR) possono essere rese controllabili da algoritmi a distanza, così da avere una guida molto più sicura ed efficace di quella umana, affetta da distrazioni e visione monodirezionale.

Sono proprio questi sensori che risolvono i problemi ingegneristici che finora bloccavano lo sviluppo della robotica: i big data scaturiti hanno permesso la realizzazione di progetti quali l'automobile senza guidatore (Google), grazie alla modellazione 3D delle strade. L'ML viene anche utilizzato per identificare cambiamenti inaspettati (come i lavori stradali). Già si possono vedere i primi utilizzi di questa tecnologia in mezzi agricoli, nei veicoli delle miniere, nel trasporto di merci dentro gli ospedali, come cibo, campioni, ecc.

Anche per la robotica i prezzi stanno scendendo (-10% l'anno)[18], e ci si aspetta un ritmo maggiore, dato l'avanzamento tecnologico, con una conseguente maggiore diffusione. Sempre più sono gli usi dei robot: li si può trovare anche nei servizi personali delle nostre case (aspirapolvere, tagliaerba), e sempre più complessi sono i lavori che riescono a svolgere (cucinare, assistere anziani e malati, pulizie). Tutti questi fattori concorrono alla sostituzione dei lavori a basso reddito, ed è proprio in questa categoria che negli ultimi decenni i lavoratori degli Stati Uniti si sono concentrati.[17]

## 2.3 Caratteristiche dei lavori non suscettibili ad automazione

A questo punto è chiaro come i recenti sviluppi in MR e ML, che garantiscono il riconoscimento di pattern, permettano al capitale computazionale di sostituire sempre di più il lavoro in vaste aree non routinarie. Ma ci sono ancora delle “strette” che frenano l’ingegneria. Tolle queste, si può affermare che quasi tutte le altre attività possono essere automatizzate. Il ritmo al quale verranno superati questi colli di bottiglia determinerà l’influenza dell’automazione del XXI secolo.

Cerchiamo ora di definire quali problemi ingegneristici contraddistinguono i lavori non suscettibili di automazione.

### 2.3.1 Attività percettive e di manipolazione

I robot sono ancora incapaci di capire profondità ed ampiezza. Per quanto sia maturo il riconoscimento delle figure base della geometria, risulta molto più difficile identificare un oggetto su uno sfondo disordinato. Ciò rende meno computerizzabile ogni compito in un ambiente di lavoro non strutturato. Mentre luoghi come case o cantieri sono pieni di ostacoli, supermercati, fabbriche, ospedali, aeroporti, sono predisposti alla mobilità di oggetti su ruote, e quindi di più facile navigazione per robot, di cui sono facilitate le attività ripetitive. Inoltre, i problemi di navigazione possono essere aggirati, ad esempio tramite l’ausilio di codici a barre sistemati a terra per fornire l’esatta posizione.

Anche la manipolazione degli oggetti irregolari è ancora distante. Molti sono i progressi, ma le soluzioni sono ancora inaffidabili per quanto concerne le attività ripetute migliaia di volte al giorno, con miriadi di piccole variazioni. È una sfida anche il “failure recovery”, l’identificazione di un errore da parte del robot e la sua conseguente rettifica (ad esempio quando fa cadere un oggetto). La manipolazione è limitata anche dalla difficoltà di pianificare una sequenza di azioni per muovere un oggetto da un posto a un altro. Pure la definizione del design è complessa: le membra umane sono soffici con dinamiche conformi e con utili feedback tattili. Le manipolazioni industriali aggirano queste sfide ma le attività svolte risultano più ristrette.

Queste sfide rimangono quindi, per ora, in gran parte irrisolte. Probabilmente lo rimarranno per il prossimo decennio e quello successivo. [17]

### 2.3.2 Attività di intelligenza creativa

I processi psicologici evidenziano come la mente umana sia difficile da specificare. La creatività è l’abilità di tirar fuori idee (concetti, poesia, musica,



teorie, ricette, scherzi) e artefatti (pittura, scultura, macchinari) nuovi e preziosi.

Un modo per creare idee è eseguire combinazioni sconosciute tra idee conosciute. Il problema è trovare mezzi affidabili che producano combinazioni sensate. Per fare una battuta sottile un computer necessita di un database vasto di conoscenze quanto quello umano e metodi per comparare la sottigliezza dell'algoritmo.

Qualcosa però è realizzabile: AARON è un software che disegna migliaia di quadri con uno stile tutto suo; EMI invece compone musica con reminescenze di specifici compositori. Creare cose nuove non è particolarmente difficile. Il problema è inserirci i nostri valori creativi, sufficientemente chiari per poter essere codificati in un programma. Oltretutto i valori umani cambiano altamente nel tempo e nelle culture, e sono inglobati nella creatività, che di conseguenza genera discussioni radicate nel disaccordo riguardante i valori trasmessi dall'autore. Quindi, se anche potessimo identificare e codificare i nostri valori creativi tanto da informare il computer per monitorare la sua stessa attività, esisterebbe comunque disaccordo sulla sua effettiva creatività, perché sarebbe legato all'interpretazione artistica propria del tempo del programmatore che lo ha realizzato.

Non essendoci soluzioni ingegneristiche per questo problema, è improbabile che le occupazioni che richiedono un alto livello d'intelligenza creativa verranno automatizzate.[17]

### 2.3.3 Attività di intelligenza sociale

L'intelligenza sociale è utile in tante attività come le trattative e la persuasione. Per questo è cominciata la ricerca nell' "affective computing" e nel "social robotics". Algoritmi e robot possono riprodurre alcuni aspetti dell'interazione sociale umana, ma il riconoscimento delle naturali emozioni in tempo reale è ancora un problema impegnativo e l'abilità di reagire intelligentemente è ancora più difficile. Anche in interazioni semplificate come quelle per iscritto (famosa quella del test di Turing), per quanto si raggiungano parziali successi, dimostrano chiaramente la difficoltà per i computer nell'interagire, nonostante algoritmi sempre più sofisticati. Questo soprattutto perché ci sono molte informazioni di "common sense" possedute dagli umani, difficilmente articolabili, ma che servirebbero agli algoritmi per funzionare nei contesti sociali.

Un modo per ottenere questi risultati potrebbe essere l'emulazione del cervello, scansionandolo, mappandolo e digitalizzandolo, ma è una tecnologia ancora tutta teorica. Affinché si renda operativa sono necessarie una comprensione funzionale del cervello per riconoscere i dati rilevanti che vi circolano e una conseguente mappatura delle tecnologie che servono per implementarlo. Queste mappe esistono già, ma le stime dei tempi di implementazione di questo progetto prevedono che sia improbabile che venga

realizzato nei prossimi decenni. Ma è certo che il suo impatto sul mondo del lavoro sarà molto importante.[17]

Autor descrive la maggior parte delle stesse problematiche di queste quattro categorie attraverso la teoria sulla “dimensione tacita” espressa da Polanyi: noi uomini sappiamo molte più cose di quel che sappiamo.[22]

Dietro questo paradosso sta il motivo per cui tutt'ora non si può automatizzare tutto. Facciamo tante cose in modo abitudinario senza sapere come facciamo a farle nella loro precisa procedura. La contabilità, la matematica, la logica, le abbiamo inventate fissandone delle regole che possiamo più o meno facilmente insegnare alle macchine, proprio perché le conosciamo avendole inventate. Cose come l'intuito, la creatività, la flessibilità fisica, il parlare lingue straniere, la capacità di giudizio, invece, si sono evolute dentro di noi con il tempo. Non le abbiamo inventate ma sviluppate inconsciamente. Per poter insegnarle ad un computer dobbiamo capire come farle: un'ingegnerizzazione al contrario.

Io posso insegnare a una persona l'algebra, ma non so come insegnarle a camminare. Io non so quale siano le procedure per camminare, semplicemente lo faccio. È più facile insegnare l'algebra a una macchina piuttosto che insegnarle a camminare. Io so come si cammina però non capisco come faccio, quindi non so come insegnarlo. La sfida più grande per l'automazione è che non capiamo molte delle cose che facciamo più facilmente. È facile per chiunque fare le pulizie, svuotare la lavastoviglie, guardarsi in giro e riconoscere le persone, anche se sono invecchiate parecchio dall'ultima volta che le abbiamo viste. Ma per una macchina fare queste semplici attività è molto difficile.[6]

A breve, con sviluppi nella MR ed algoritmi complessi, costruiti sui big data, molte attività non di routine verranno automatizzate, ma i lavori che coinvolgono percezioni complesse, attività di manipolazione, creatività o intelligenza sociale difficilmente verranno sostituite dal “computer capital” nei prossimi due decenni.

La probabilità di automazione si può dunque descrivere in funzione di queste caratteristiche dell'attività lavorativa. Per capirci, la social intelligence richiesta da un lavapiatti è nulla mentre quella dello specialista in pubbliche relazioni è fondamentale: sotto questo aspetto, il primo è sicuramente a rischio di automazione mentre il secondo può stare tranquillo finché non venga superato il collo di bottiglia dall'avanzamento tecnologico.[17]

## 2.4 Algoritmo di valutazione

Il “task model” di Autor del 2003[7] ha permesso previsioni intuitive ed accurate:

- i computer sostituiscono meglio gli umani nelle attività ripetitive, che in quelle non ripetitive
- un'intensità maggiore di attività ripetitive in input accresce la produttività marginale degli input non di routine.

Infatti i computer hanno svolto il ruolo di sostituti per le attività di routine, mentre hanno mostrato una grande complementarità per i lavori cognitivo-non ripetitivi.

Come detto, però, la classificazione delle attività di routine e non di routine non è più adeguata, in quanto l'idea si è espansa: ora l'informatica può automatizzare una grossa fetta di lavori che erano considerati non ripetitivi. Frey ed Osborne devono perciò modificare questo modello delle attività, derivando quei fattori che ritengono possano allargare l'automazione alle attività non di routine.

Per trattabilità, il task model rivisitato assume una funzione di produzione aggregata: i rendimenti di scala costanti di Cobb-Douglas - formula che valuta la relazione tra l'aumento (diminuzione) degli input e la variazione dell'output, che nel caso costante corrispondente ad un aumento (diminuzione) proporzionale.

$$Q = (L_S + C)^{1-\beta} L_{NS}^\beta, \quad \beta \in [0, 1],$$

dove  $Q$  è la quantità prodotta in output, mentre in input abbiamo  $L_S$  (i lavori suscettibili ad automazione),  $C$  (il computer capital) e  $L_{NS}$  (i lavori non suscettibili).  $\beta$  è un parametro che pesa il progresso tecnologico.  $C$  risponde elasticamente all'aumento dell'efficienza nel tempo dato dal progresso tecnologico con la diminuzione del prezzo del mercato. Anche l'offerta di lavoro - data dai lavoratori - si riallocherà elasticamente in base ai livelli di stipendio. Con il crollo dei prezzi di computazione e l'espansione delle capacità delle macchine i lavoratori si spostano da attività suscettibili a non suscettibili.

La differenza dal task model di Autor consiste nel non confinare  $L_S$  ai soli lavori ripetitivi, ma di estendersi anche a quelli non di routine (conseguenza dei progressi descritti nelle precedenti sottosezioni) escluse le attività soggette a strettoie ingegneristiche. Quindi, mentre il task model predice che

la sostituzione del lavoro ad opera dei computer sia confinata alle attività di routine, quello rivisitato da Frey ed Osborne lo estende a qualsiasi attività, purché non soggetta alle 3 categorie di problemi ingegneristici ancora irrisolvibili (analizzati nella Sezione 2.3) individuati grazie alla letteratura riguardante MR e ML ed un particolare workshop svoltosi all'Oxford University Engineering Sciences Department. Per questo  $L_{NS}$  può essere descritto come:

$$L_{NS} = \sum_{i=1}^n (L_{PM,i} + L_{C,i} + L_{SI,i})$$

con  $L_{PM}$ ,  $L_C$  ed  $L_{SI}$  che sono i lavori in input con attività di percezione e manipolazione, di intelligenza creativa e di intelligenza sociale.

Alcuni di questi problemi possono essere parzialmente risolti attraverso la semplificazione delle attività. Un modo per farlo è ridurre la variazione tra le interazioni delle attività: un parallelismo concreto è l'attività non ripetitiva dell'artigiano che viene divisa in tantissime attività ripetitive svolte da lavoratori meno qualificati. Un esempio di eliminazione delle variabilità di un'attività è dato dalla prefabbricazione di edifici. Essa allontana dall'attività dei robot che ci lavorano tutti i problemi di adattabilità al suolo, alle intemperie meteorologiche, che si riscontrano nei diversi cantieri. Quindi, la vastità dell'automazione nel XXI secolo dipenderà anche dal trovare approcci innovativi nello strutturare le attività.[17]

### 2.4.1 Fonte dei dati e strategia d'implementazione

Poste queste fondamentali premesse, si passa ora all'atto pratico della valutazione della suscettibilità all'automazione dei lavori presenti negli USA per i prossimi venti anni.

Ci affidiamo ad O\*NET - servizio del dipartimento del lavoro degli Stati Uniti, versione 2010 - che contiene informazioni su 903 occupazioni dettagliate, la maggior parte delle quali corrispondono alla Standard Occupational Classification (SOC)[9] dello stesso dipartimento. Questi dati erano raccolti inizialmente da analisti del mercato del lavoro, e da allora sono stati regolarmente aggiornati tramite studi sulla popolazione e riferendosi ad esperti, così da avere informazioni aggiornate sull'evoluzione delle occupazioni.

Ogni occupazione viene definita con caratteristiche chiave, sotto forma di set

di variabili standardizzate e misurabili, ma anche attraverso una descrizione aperta delle sue specifiche attività. In questo modo si può:

- ordinare oggettivamente i lavori in base al mix di conoscenze, capacità ed abilità che richiedono
- categorizzare soggettivamente i lavori in base alla varietà di attività che coinvolgono.

La stretta corrispondenza che intercorre tra O\*NET ed il SOC permette di collegare le caratteristiche occupazionali dei lavori direttamente ai dati del 2010 su occupazione e redditi del BLS - Banco delle Statistiche del Lavoro. O\*NET è molto dettagliato - talvolta troppo, tanto che gli stessi autori hanno deciso di aggregare certe occupazioni che divergono in modo sottile (ad esempio revisori dei conti e contabili) così come li aggrega il SOC, in modo da avere una corrispondenza più pulita con i dati di occupazione e salari. Ma per ottenere variabili uniche tra O\*NET e la six-digit SOC classification, l'aggregazione viene realizzata sui dati di O\*NET escludendo quelle occupazioni presenti solo nel SOC e non in O\*NET. In questo modo dalle 903 occupazioni se ne ottengono 702 (pari a 138,44 milioni di lavoratori statunitensi), escludendone perciò dalle stime il 3% (4,628 milioni).

L'esperimento ideale per analizzare l'impatto sul lavoro della tecnologia sarebbe prendere due identici sistemi autarchici in cui uno solo vede gli sviluppi tecnologici e l'abbassamento dei prezzi, così da compararli successivamente.

Un'alternativa potrebbe essere costruire un modello di un semplice sistema economico per vedere come reagisce la domanda del lavoro agli sviluppi tecnologici, ma questa analisi riguarda future tecnologie che ancora non esistono.

Allora, come Blinder esaminò il futuro dell'offshoring di attività informatiche, qui ci si servirà dei metodi che ordinino e categorizzino i lavori in base alla loro suscettibilità al progresso.

A questo punto si potrebbe dare un indice soggettivo, lavoro per lavoro, che valuti la loro suscettibilità, ma sarebbe una valutazione non replicabile e inconsciamente influenzata da credenze o pregiudizi. D'altro canto si possono ordinare e categorizzare i lavori solo sulle misure standardizzate di O\*NET. Sembra la scelta più razionale, però deve basarsi sull'affidabilità delle variabili. Inoltre, si deve considerare che questi dati non nascono come misure per il calcolo della suscettibilità dei lavori agli avanzamenti tecnologici, bensì per scopi più generali: spesso questo dettaglio porta a risultati assurdi, in questo genere di ricerche.

Dati i pro ed i contro delle strategie, gli autori decidono utilizzare una combinazione.

In una prima fase, presi 70 lavori dei 702 totali, viene data un'etichetta soggettiva ad ognuno di essi con la collaborazione di ricercatori in ML. L'etichetta indica "1" se il lavoro è automatizzabile, "0" se non lo è. Tali valutazioni sono basate su uno workshop tenutosi ad Oxford in cui si è valutata l'automatizzabilità di un vasto raggio di lavori, focalizzando sulle relative attività e le diverse descrizioni prese da O\*NET. Per essere precisi, la domanda a cui rispondeva l'etichetta era "Le attività di questo lavoro possono essere sufficientemente determinate da poter essere eseguite da attrezzature informatiche all'avanguardia, a condizione che siano disponibili big data?". Solo se tutte le sue attività lo sono, allora viene dato "1". Gli esperti hanno considerato anche la loro possibile semplificazione, potendo così automatizzare anche le attività che attualmente non possono esserlo. Le etichette sono state messe soltanto a quei lavori con i quali si aveva maggiormente confidenza (solo 70 per l'appunto).

Dopo questa operazione, la seconda fase prevede di usare le variabili oggettive di O\*NET. Non tutte, ma solo quelle corrispondenti alle strette ingegneristiche prima citate: sono infatti queste che determinano la non suscettibilità dei lavori nei prossimi 20 anni. Si vedono nella Figura 2.3.

Computerisation bottleneck	O*NET Variable	O*NET Description
Perception and Manipulation	Finger Dexterity	The ability to make precisely coordinated movements of the fingers of one or both hands to grasp, manipulate, or assemble very small objects.
	Manual Dexterity	The ability to quickly move your hand, your hand together with your arm, or your two hands to grasp, manipulate, or assemble objects.
	Cramped Work Space, Awkward Positions	How often does this job require working in cramped work spaces that requires getting into awkward positions?
Creative Intelligence	Originality	The ability to come up with unusual or clever ideas about a given topic or situation, or to develop creative ways to solve a problem.
	Fine Arts	Knowledge of theory and techniques required to compose, produce, and perform works of music, dance, visual arts, drama, and sculpture.
Social Intelligence	Social Perceptiveness	Being aware of others' reactions and understanding why they react as they do.
	Negotiation	Bringing others together and trying to reconcile differences.
	Persuasion	Persuading others to change their minds or behavior.
	Assisting and Caring for Others	Providing personal assistance, medical attention, emotional support, or other personal care to others such as coworkers, customers, or patients.

Figura 2.3: Le variabili di O\*NET che svolgono da indicatore di difficoltà nell'automatizzare

“Destrezza di dita”, “Destrezza manuale”, “Spazi di lavoro stretti, posizioni scomode” (per definire il livello di “Percezione e manipolazione”), “Originalità”, “Belle arti” (per l’ “Intelligenza creativa”), “Percettività sociale”, “Negoziazione”, “Persuasione”, “Assistenza e cura degli altri” (per l’ “Intelligenza sociale”), sono le nove variabili che prenderemo in considerazione.

Ogni variabile possiede diverse misure, ma le più importanti sono “Importanza” e “Livello”. In questa ricerca ci si affida al livello, che per esempio per la variabile “Luogo di lavoro ristretto” misura la frequenza di lavoro non strutturato. Essa riporta esempi specifici per rendere bene l’idea del livello di capacità per tale attività. Ad esempio, per la “Destrezza manuale” il livello basso (low) equivale a saper avvitarne una lampadina, quello medio (medium) a saper impacchettare delle arance in una cassetta il più velocemente possibile, mentre quello alto (high) a saper effettuare un intervento chirurgico a cuore aperto.

L’etichettatura manuale serve ad aggirare il problema per cui la misurazione di questi dati non nasce per misurare l’automatizzabilità, in un modo simile a come l’ha aggirato Blinder. Al contempo, però, si mitigano i pregiudizi dei ricercatori grazie all’uso delle variabili oggettive per correggere i potenziali errori di etichettatura. Etichettatura che per andare sul sicuro è stata realizzata solo per le occupazioni di cui si aveva una buona conoscenza, riducendo così il rischio che la soggettività influenzasse l’analisi.

Ora, per sviluppare un algoritmo appropriato si passa alla classificazione probabilistica. [17]

### 2.4.2 Metodo di classificazione

Si comincia esaminando l’accuratezza delle assunzioni soggettive. Per la classificazione è stato sviluppato un algoritmo che operi con un vettore di variabili allegato all’etichetta della probabilità data nella prima fase. Usando la terminologia adatta, le variabili di O\*NET compongono questo vettore chiamato “Feature vector”, denotato come  $\underline{x} \in \mathbb{R}^9$ . I campi dei 702 feature vector sono riempiti grazie al dataset fornito da O\*NET. Chiamiamo “Class” un’etichetta programmabile indicata come  $y \in \{0, 1\}$ . Se  $y = 1$  significa che abbiamo precedentemente etichettato come computerizzabile l’occupazione descritta dalle 9 variabili presenti all’interno del vettore  $\underline{x}$  allegato.

Il “Training Data” è una matrice di variabili descritta come  $\mathcal{D} = (X, \underline{y})$ , dove  $X \in \mathbb{R}^{70 \times 9}$  contiene i vettori dei 70 lavori etichettati mentre  $\underline{y} \in \{0, 1\}^{70}$  è un vettore composto da tutte le corrispondenti 70 etichette. Questo dataset  $\mathcal{D}$  contiene informazioni su come  $y$  varia in funzione di  $\underline{x}$ . Ad esempio potrebbe essere che per tutti i lavori con  $x_1 > 50$ ,  $y$  sia = 1.

Un algoritmo di classificazione probabilistica sfrutta pattern esistenti (dati

dal training data) per determinare la probabilità che un nuovo “Test datum” non etichettato, cioè un nuovo feature vector  $\underline{x}_*$ , abbia class label  $y_* = 1$ .

$$P(y_* = 1 | \underline{x}_*, X, \underline{y})$$

Otteniamo la classificazione introducendo una “latent function”:  $f : \underline{x} \mapsto \mathbb{R}$  detta “funzione discriminante”. Dato il valore del discriminante  $f_*$  mentre si testa  $\underline{x}_*$ , assumiamo la probabilità della class label come

$$P(y_* = 1 | f_*) = \frac{1}{1 + \exp(-f_*)}$$

e  $P(y_* = 0 | f_*) = 1 - P(y_* = 1 | f_*)$ . Per  $f_* > 0$ ,  $y_* = 1$  è più probabile di  $y_* = 0$ .  $f$  è pensabile come una funzione continua nei valori: più alta è, più è automatizzabile.

Si provano allora tre modelli diversi di discriminante e successivamente verrà utilizzato quello dalle prestazioni migliori.

Prima di tutto proviamo la “Regressione logistica”. Si tratta di un modello lineare per cui  $f(\underline{x}) = \underline{\omega}^\top \underline{x}$  i cui pesi sconosciuti  $\underline{\omega}$  vengono spesso dedotti massimizzando le loro probabilità alla luce del training data. Questo semplice modello implica una semplice relazione monotona tra caratteristiche dei lavori e la probabilità che la classe sia di un certo valore.

Modelli più completi sono dati dai “Classificatori di Processi Gaussiani” caratterizzati appunto da processi gaussiani (GP), ovvero funzioni con distribuzione di probabilità non parametrica. Essi vengono definiti come  $f : \chi \mapsto \mathbb{R}$  tali che la distribuzione dei possibili valori  $X$  su un sottoinsieme  $\chi$  sia una gaussiana multivariata. Per una funzione  $f(\underline{x})$ , la distribuzione principale dei valori  $\underline{f}$  su un sottoinsieme  $\underline{x} \subset \chi$  è determinata dalla matrice  $K$  di covarianza

$$p(\underline{f} | K) = \mathcal{N}(\underline{f}; \underline{0}, K) = \frac{1}{\sqrt{\det 2\pi K}} \exp\left(-\frac{1}{2} \underline{f}^\top K^{-1} \underline{f}\right).$$

Nota: si è scelta una funzione a media 0, cosicché si presupponga che  $P(y_* = 1) = \frac{1}{2}$  sia abbastanza distante dal training data.

La matrice di covarianza è generata dalla funzione di covarianza  $\kappa : \chi \times \chi \mapsto \mathbb{R}$  cioè  $K = \kappa(X, X)$ . Il modello GP è espresso dalla scelta di  $\kappa$ ; qui si considera l'esponenziale quadratica e razionale quadratica.

Dato  $\mathcal{D}$  facciamo previsioni  $f_*$  col processo gaussiano dando in input  $\underline{x}_*$

$$p(f_* | \underline{x}_*, \mathcal{D}) = \mathcal{N}(f_*; m(f_* | \underline{x}_*, \mathcal{D}), V(f_* | \underline{x}_*, \mathcal{D}))$$

dati

$$m(f_* | \underline{x}_*, \mathcal{D}) = K(\underline{x}_*, X)K(X, X)^{-1}\underline{y}$$

$$V(f_* | \underline{x}_*, \mathcal{D}) = K(\underline{x}_*, \underline{x}_*) - K(\underline{x}_*, X)K(X, X)^{-1}K(X, \underline{x}_*).$$



È complicato arrivare alla class label finale con la forma non gaussiana. Quindi per dedurla si è ricorso all'algoritmo approssimante delle propagazioni attese.

Si sono quindi testati 3 classificatori di processi gaussiani usando GPML toolbox sui dati, costruiti su esponenziali quadratiche, quadratiche razionali e covarianze lineari (quest'ultima equivalente alla logistic regression, con la principale della gaussiana presa sui pesi  $\omega$ ).

Per validare un classificatore si sono presi metà dei dati disponibili del training data (quindi 35 lavori etichettati) e i restanti sono serviti da test per verificare quale dei tre si avvicinasse di più all'etichetta data dagli esperti. Per misurare l'efficienza si usa l'AUC (Area Under the receiver operating characteristic Curve) il cui valore uguale ad 1 indica che è un classificatore perfetto, mentre  $\frac{1}{2}$  denota che i valori sono dati a caso, ed il "log-likelihood" (verosimiglianza all'originale) che dovrebbe idealmente essere un valore alto.

classifier model	AUC	log-likelihood
exponentiated quadratic	<b>0.894</b>	<b>-163.3</b>
rational quadratic	0.893	-163.7
linear (logit regression)	0.827	-205.0

Figura 2.4: Performance dei vari classificatori; il migliore è quello evidenziato dal grassetto

Come si vede dalla Figura 2.4, l'esponenziale quadratica è quella con i migliori risultati, anche se non con una netta differenza dagli altri. Si consideri che un AUC con valore vicino a 0,9 determina una classificazione accurata: l'algoritmo è riuscito a riprodurre l'etichetta data soggettivamente specificandone la computerizzabilità, confermando che i loro giudizi soggettivi erano sistematici e consistenti nel rispetto delle variabili di O\*NET.

Validato il procedimento, si procede quindi a predire la probabilità di automazione per tutti e 702 i lavori. A questo proposito si definisce una nuova etichetta: la variabile  $z$  descriverà appunto il rischio di una determinata occupazione di essere computerizzata da qui a vent'anni. La correttezza di questo risultato potrà essere giudicata solo in un indeterminato momento futuro, ovvero quando un'occupazione verrà effettivamente automatizzata. Per verosimiglianza

$$P(z_* = 1|f_*) = \frac{1}{1 + \exp(-f_*)}$$

Una cambio di variabile necessario, in quanto la  $y$  definita precedentemente conteneva “rumore” dato dai loro giudizi soggettivi.  $z$  è invece una variabile “pulita”, pure ricordando che non è per nulla certo che un lavoro sia computerizzabile, data l’etichetta scaturita dalla loro classificazione.

Si definisce  $X_* \in \mathbb{R}^{702 \times 9}$  come la matrice di variabili O\*NET per tutte e 702 le classificazioni che rappresenta la “Test features”. Per concludere si utilizza il training data  $\mathcal{D}$  delle 70 occupazioni etichettate (pari al 10% di tutte le occupazioni analizzate, che per valutare il resto è una buona base) per predire  $z_*$  di tutto  $X_*$ . Questo permetterà di correggere anche eventuali errori nell’etichettatura soggettiva, o meglio, verrà data una quantificazione più esplicativa dell’effettiva probabilità di automazione basata sui dati delle caratteristiche date da O\*NET.

La non linearità della gaussiana permette una flessibilità maggiore all’adattamento del pattern dato da  $\mathcal{D}$ : qualora si modificasse il training data, le variazioni sarebbero minime. Questo garantisce un’interazione più complessa tra le variabili, ad esempio una variabile potrebbe non essere importante se un’altra non è sufficientemente grande (l’algoritmo ne tiene conto).

La relazione non lineare tra la probabilità e le nove variabili scelte tra quelle di O\*NET è dimostrata dalla Figura 2.5.[17]

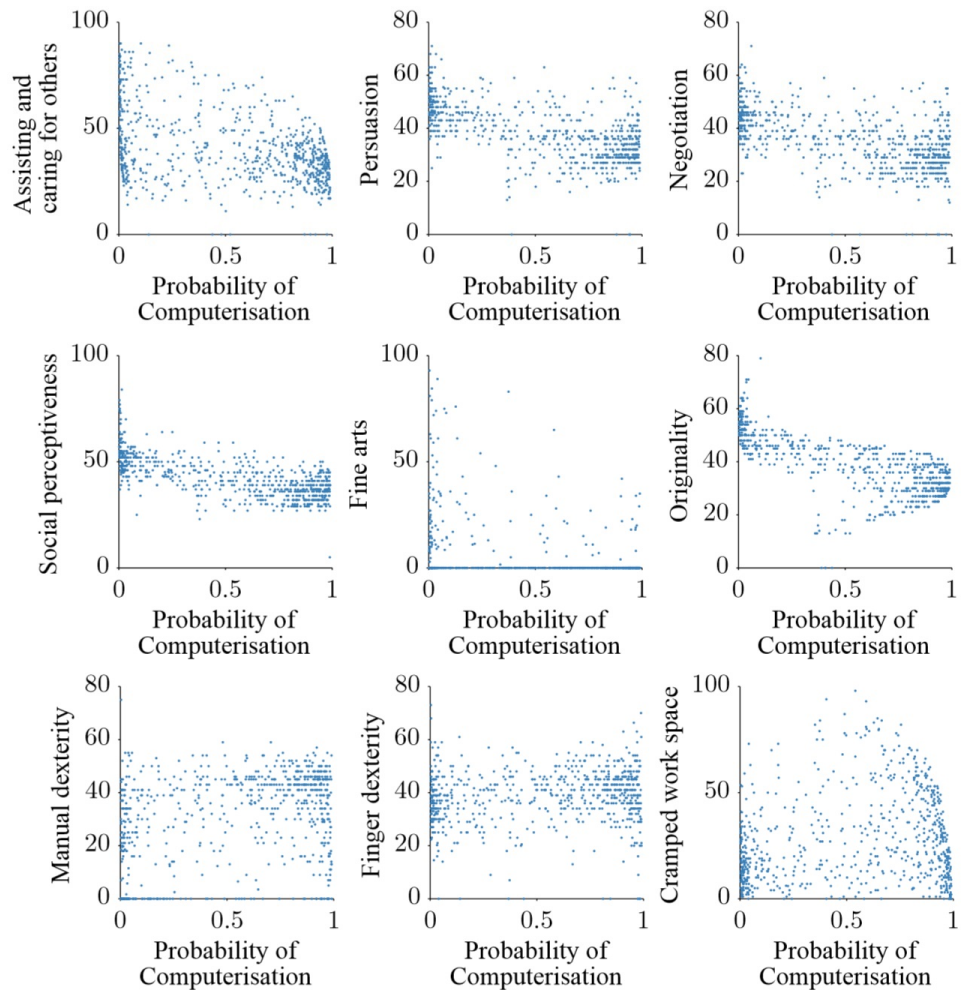


Figura 2.5: *La distribuzione delle variabili occupazionali in funzione della probabilità di automazione; ogni puntino è un'occupazione*

## 2.5 Lavori suscettibili nei prossimi anni

In questa sezione si esamina la futura possibile vastità dell'automazione dei lavori più a rischio e gli effetti sul mercato del lavoro.

Il modello suggerisce che i recenti sviluppi nel ML ridurranno l'occupazione umana in quei lavori che potranno essere resi routine dai pattern di riconoscimento, mentre aumenterà la domanda di lavori non suscettibili. Con l'analisi di questi risultati non si tentano previsioni sui cambiamenti della composizione occupazionale del futuro mercato del lavoro. Questo perché in primis non è l'obiettivo di Frey ed Osborne, ma anche perché per prevedere ciò servirebbe una previsione di più ampio raggio, specie per individuare le occupazioni emergenti o che non sono ancora state inventate ma che verranno fuori con l'ulteriore avanzamento tecnologico. Il BLS ha previsto, in base ai modelli storici del personale, che tra il 2010 e il 2020 ci sarà una crescita nelle principali occupazioni. Dal punto di vista della tecnologia si è ancora alle prime fasi di sviluppo, quindi non si dispone di dati storici che possano essere d'aiuto. Pertanto si analizzerà solo l'impatto sul mix di lavori esistente nel 2010.

Come si può vedere dalla Figura 2.6 che grafica i risultati dell'algoritmo, abbiamo ben il 47% dei lavoratori ad alto rischio di essere sostituiti da una macchina in un numero indefinito di anni, forse 10, forse 20,... La probabilità registrata per questa categoria è compresa tra 0,7 e 1 (evento certo). Poi ci sono i lavori a medio rischio (tra 0,3 e 0,7), che sono il 19% degli occupati. Infine il 33% è composto da occupazioni a basso rischio (tra 0 e 0,3).

L'asse delle probabilità può anche esser visto come una linea del tempo, per cui i lavori ad alto rischio saranno i primi ad essere sostituiti dal capitale computazionale. La vastità della computerizzazione dipenderà dal ritmo con cui nei prossimi decenni "apriremo i colli di bottiglia". Con questa prospettiva si possono prevedere due fasi di automazione. La prima sostituisce i lavoratori in trasporti, occupazioni logistiche, supporto amministrativo e d'ufficio e sempre di più nei lavori produttivi industriali. Quel che può sorprendere è che non sono esenti nemmeno i servizi, la vendita e l'edilizia - anche se, a dirla tutta, ciò è in linea con i più recenti sviluppi tecnologici. Aumenta il mercato di personal robot e robot per la casa del 20% ogni anno, e più diminuirà il divario tra uomo e automa in destrezza e mobilità e più ci saranno sostituzioni a loro favore. Per le vendite in genere serve social intelligence, infatti le figure che rischiano sono i cassieri, a cui non è richiesta. Questo dimostra che l'algoritmo funziona bene per i lavori individuali, e non fa "un solo fascio di tutta l'erba" di una categoria. Come detto, poi, i prefabbricati eliminano variabili che permettono ai robot di inserirsi anche in questo settore.

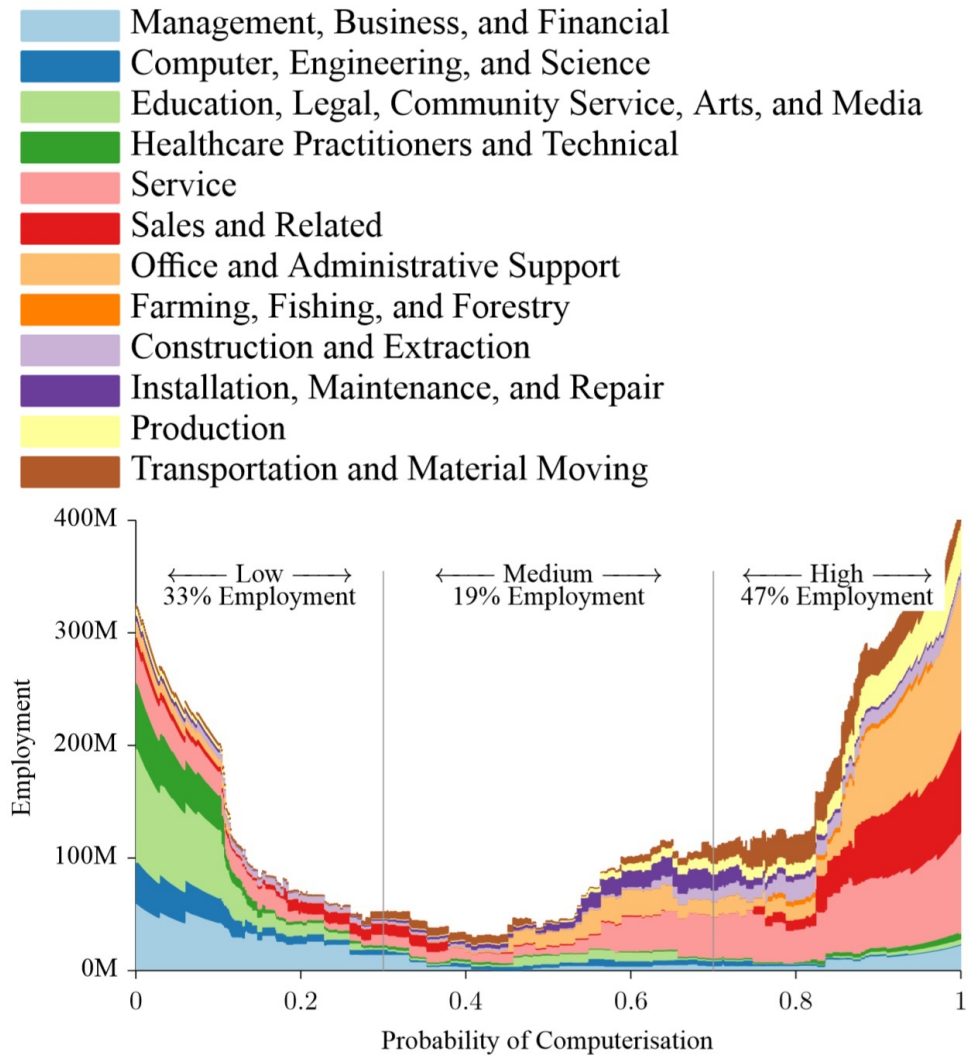


Figura 2.6: La distribuzione dell'occupazione statunitense (BLS, 2010) in funzione della probabilità di automazione, con tanto di suddivisione in 3 fasce di rischio (basso, medio e alto); notare che l'area totale sottesa alle curve è equivalente all'intera occupazione degli statunitensi.

Dopo ciò avverrà un rallentamento nelle sostituzioni a causa delle strettoie tecnologiche. La tregua riguarda i lavori a medio-rischio minacciati dagli sviluppi in percezione e manipolazione. C'è inoltre bisogno di ristrutturare attività.

La seconda ondata di sostituzioni si verificherà solo quando saranno superati i limiti della creatività e dell'intelligenza sociale. Si può notare come i lavori a basso rischio con queste caratteristiche abbiano bassi livelli di manualità. I meno soggetti sono quelli che richiedono conoscenze euristiche e che coinvolgono specialisti nello sviluppo di nuove idee ed artefatti. Anche lavori di management, business e finanze con ruoli di direzione, richiedendo alta social intelligence, sono al sicuro. C'è basso rischio anche per le attività di medicina, educazione, arte, media e recitazione. La bassa suscettibilità dell'ingegneria e delle scienze è data dalla componente di intelligenza creativa che questi richiedono. È importante considerare come trovino nell'informatica un grosso fattore complementare. Tuttavia esiste sempre il rischio che alla lunga anche essi vengano soppiantati.

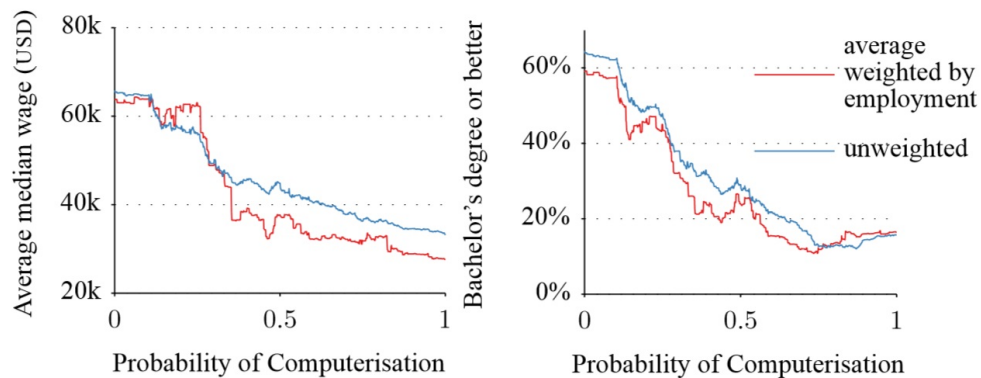


Figura 2.7: I redditi e il livello d'istruzione medi come funzione della probabilità di automazione. Nota: la legenda è comune.

Per completare il quadro, data un'occupazione si analizza il rapporto che intercorre tra gli stipendi medi/la percentuale di laureati e la suscettibilità all'automazione. La figura 2.7 mostra una relazione negativa: a bassi redditi e livello d'istruzione corrisponde alto rischio, e viceversa.

Data la predizione data da questi risultati, si capisce che non si è più indirizzati verso una polarizzazione del mercato con alti e bassi redditi legati ad alto e basso livello d'istruzione, perché l'automazione tende a far scomparire le mansioni più semplici e meno pagate. Quindi probabilmente si romperà il modello che è andato avanti per decenni. Ma attenzione: così come questa ricerca non ha come obiettivo la quantificazione dei lavori che verranno effettivamente automatizzati, nemmeno tenta di stimare quali sa-

ranno i livelli di salario, i prezzi dei capitali o la carenza di manodopera.[17] Autor, invece, ritiene che il progresso tecnologico avrà lo svantaggio di accentuare ancora di più la polarizzazione. Dalla sua ricerca emerge che i lavoratori con livello d'istruzione e reddito medi (che si occupano di contabilità, lavori d'ufficio, linee d'assemblaggio) sono stati rapidamente automatizzati: dal 1979, in cui ricoprivano più del 60% delle occupazioni del paese, sono passati al 46% del 2012. Al contrario, quelli con uno stipendio medio-alto migliorano la loro attività creativa e di problem solving grazie ai computer. Resistono i lavoratori con basso livello d'istruzione, sebbene i loro redditi stagneranno.[5]

Il Bruegel, ispiratosi al calcolo fatto per gli USA da Frey ed Osborne, ha realizzato la stessa ricerca per il futuro dei lavori in Europa su 22 categorie di occupazioni. In Figura 2.8 si nota che per l'Italia il 56% dei lavori è a rischio di automazione.

Si può vedere come alcuni stati siano più preparati di altri per adattarsi all'automazione. Si può osservare anche come ricerche diverse forniscano risultati considerevolmente differenti, anche se è difficile fare paragoni tra studi diversi, sia per metodi che per dati. Il Bruegel, in particolare, utilizza le classificazioni dell'International Standard Classification of Occupations (ISCO), per le quali vengono forniti dati consistenti dall'International Labor Organization (ILO). Aggregare centinaia di occupazioni fino a ridurle ad un paio di decine di categorie, però, comporta una grossa perdita di informazioni che fa ricadere lavori con caratteristiche molto eterogenee nelle stesse vaste classificazioni che non le rispecchiano in quanto a suscettibilità all'automazione.

Questo studio è interessante perché si riscontra una forte relazione negativa col PIL pro-capite di un paese e la quota della forza lavoro a rischio di automazione, il che suggerisce che la transizione ai lavori meno suscettibile di computerizzazione nei paesi vada di pari passo con lo sviluppo economico. In particolare, è probabile che nelle grandi quote di lavori a rischio si trovino mansioni a reddito molto basso, solo per non essere automatizzate. Ma come le entrate cresceranno e il progresso tecnologico renderà la sostituzione del lavoro umano più economica, anche questi paesi dovranno alla fine adattarsi. La sfida, quindi, consiste nel gestire la transizione ad un ritmo sufficiente per permettere ai lavoratori di trovare nuove opportunità di lavoro all'automatizzarsi dei lavori esistenti. [10]

Country	Study (Level of detail)					
	Frey & Osborne (2013) 702 occupations	Bruegel (2014) 22 occupations	ETLA (2014) 410 occupations	Frey & Osborne; Deloitte (2014) 369 occupations	SSF (2014) 109 occupations	Unionen (2014) 353 occupations
Austria		54%				
Belgium		50%				
Bulgaria		57%				
Croatia		58%				
Czech Republic		54%				
Denmark		50%				
Estonia		54%				
Finland		51%	36%			
France		50%				
Germany		51%				
Greece		56%				
Hungary		55%				
Ireland		49%				
Italy		56%				
Latvia		51%				
Lithuania		52%				
Luxembourg		50%				
Malta		51%				
Netherlands		49%				
Poland		56%				
Portugal		59%				
Romania		62%				
Slovenia		53%				
Slovakia		55%				
Spain		55%				
Sweden		47%			53%	37%
United Kingdom		47%		35%		
United States	47%					

Figura 2.8: Quota di occupazioni a rischio per paese.



## 2.6 Il futuro del mercato del lavoro

Dall'analisi delle ricerche viste finora si ha una consistente visione di quali saranno i lavori a rischio per via del progresso tecnologico. Quest'ultima sezione si cerca di farsi un'idea dell'effettivo futuro del mondo del lavoro, anche tramite l'ausilio dei pareri di esperti - non con l'utilizzo di mezzi pratici, bensì con osservazioni concettuali ed empiriche.

L'obiettivo soppiantamento dei lavori ad opera delle macchine può spaventare, così come l'avanzamento tecnologico ha sempre fatto nella storia. Sono sufficienti le rassicurazioni che il progresso porterà benessere e più posti di lavoro di quanti ne eliminerà? Larry Summer, ex capo del consiglio economico di Obama, trova che questa rivoluzione tecnologica sia diversa dalle precedenti e che l'uomo potrebbe fare la fine che fecero i cavalli quando nel 1910 l'avvento del motore a combustione interna li rese superflui.

Secondo Autor la paura ha superato la realtà: l'automazione avanza, ma è lontano il giorno in cui saranno a portata degli automi le complesse attività fisiche e mentali che l'uomo svolge in modo facile ed economico. L'informatica ha affetto il mercato del lavoro, ma in maniera mirata. Autor osserva che l'ondata di lavori eliminati non avviene secondo la velocità prevista, ma vede l'invasione delle macchine come uno strumento che rende il lavoro umano più produttivo.[5]

Il paradosso di Polanyi per Autor ha due implicazioni:

- una tecnica, per cui non si può automatizzare ciò che non si comprende chiaramente
- una economica, per cui certe mansioni non possono essere sostituite, ma con le quali la tecnologia può comunque collaborare

ed è infatti grazie alla tecnologia che il muratore può usare una macchina per scavare, invece di passare ore a faticare con la pala; e il ristoratore può servire 50 persone al giorno invece di 20, grazie agli utensili che ha a disposizione in cucina; e il medico è in grado di scegliere cure statisticamente più efficaci.

Il progresso non ha tolto lavoro, anzi permette di valorizzarlo e renderlo più produttivo.

Un chiaro esempio è quello dei bancomat. Dal 1970 al 2010 negli Stati Uniti si è passati dal non averne nessuno a più di 400.000, e nello stesso lasso di tempo i cassieri, per quanto si prevedesse che sarebbero scomparsi, sono passati da 300.000 a 500.000. Le banche, infatti, hanno pensato di installare tanti bancomat facendo sorgere tante piccole filiali, che però necessitavano almeno di un cassiere, non tanto per permettere di ritirare il denaro, quanto per risolvere problematiche più complicate come cambiare un assegno.[6]

Autor chiama la nostra come l'era dell'ansia per l'automazione e critica i suoi colleghi del MIT, McAfee e Brynjolfsson, per aver lanciato l'allarme.[5]

Questi, però, autori del famoso libro “Race against the machine”, si erano posti l’obiettivo di portare la tecnologia all’interno dei dibattiti, ed hanno avuto successo. A loro avviso, la maggior parte degli economisti non stava prendendo seriamente questa preoccupazione. L’idea che i computer potessero significativamente disturbare il mercato del lavoro - e quindi l’economia mondiale - rimaneva ai margini delle discussioni. Dalle basi dell’economia viene che il fiorire di un’azienda porta questa a comprare nuove attrezzature ed assumere nuovi lavoratori, ma dopo la fine della grande recessione le aziende americane non hanno ripreso ad assumere: apportavano nuove macchine, non manodopera. Gli autori intravedevano già chiaramente quali fossero le cause e gli effetti della “terza rivoluzione industriale”, sia positivi che negativi. Per quanto proprio questi ultimi facciano sempre più scalpore, c’è da dire che McAfee e Brynjolfsson in realtà sono tutto sommato ottimisti. Per loro la gara non deve essere “contro” le macchine, ma “con” le macchine. E per vincerla occorre investire nell’educazione, aumentando così il capitale umano.[11] Su questo si trovano d’accordo anche Autor, Frey ed Osborne, ed è un pensiero diffuso tra la stragrande maggioranza degli esperti nel campo dell’informatica e dell’economia, per quanto siano spaccati sul futuro che ci aspetta, come risulta dal sondaggio del PRC. Alcuni dei 1896 esperti intervistati hanno risposto a questa domanda:

“Vetture auto-guidanti, digital agent intelligenti che possono agire per voi, robot che stanno progredendo velocemente. Nel 2025 saranno più i lavori creati o quelli dismessi, dall’AI automatizzata e presente in rete e dai device robotici?”

Ben il 48% vedono un significativo numero di colletti blu e bianchi sostituiti e temono che porterà ad incrementare ampiamente le disparità tra i redditi, con il rischio che si creino masse di persone non impiegabili e gravi disordini pubblici.

Il 52% invece è positivo e crede che saranno più i posti di lavoro creati rispetto a quelli distrutti, il tutto grazie all’ingegno umano, com’è stato sin dagli albori della rivoluzione industriale.

Il Pew Research Center raccoglie le motivazioni condivise da entrambi i gruppi.

I motivi per essere speranzosi sarebbero:

- Gli avanzamenti tecnologici possono sostituire certi tipi di lavori, ma storicamente sono stati nettamente creatori di occupazione.
- Ci adatteremo a questi cambiamenti inventando lavori interamente nuovi grazie ai vantaggi dati dalle capacità unicamente umane.
- La tecnologia ci libererà dalla “sfacchinata” quotidiana, permettendoci di definire una relazione più positiva con il “lavoro” e in modo

socialmente utile.

- Infine, noi come società, controlliamo il nostro stesso destino attraverso le scelte che facciamo.

Mentre i motivi per essere preoccupati:

- L'impatto con l'automazione ha già largamente colpito i colletti blu. L'ondata di tecnologie che sta arrivando minaccia di travolgere anche i colletti bianchi.
- Certi lavoratori ben preparati resisteranno selvaggiamente nel nuovo ambiente, ma molti di più saranno quelli che dovranno ripiegare verso aziende a paghe inferiori (se va bene), verso la perenne disoccupazione (nel peggiore dei casi).
- Il sistema educativo non ci forma adeguatamente per i lavori di domani e le nostre istituzioni politiche ed economiche sono scarsamente equipaggiate per gestire queste ardue scelte.

Ci sono anche speranze e preoccupazioni condivise.

I cambiamenti in arrivo daranno l'opportunità di riassetare il rapporto tra società e lavoro, così da tornare alla piccola scala ed alle produzioni artigiane, dando più spazio alle persone per il tempo libero, per il miglioramento personale e per stare di più con i propri cari.

I timori principali sono per le strutture sociali (specie, come detto, per l'educazione) che non preparano adeguatamente per il mercato del lavoro. Per capirne l'importanza è utile pensare a cosa comporterebbe, se fosse possibile, prendere e portare al giorno d'oggi la forza lavoro del XIX secolo: la quasi totalità di quelle persone sarebbe disoccupata perché analfabeta. Oggi quelle persone possono lavorare solo perché sono state istruite. In questo senso non si sta facendo abbastanza, o non abbastanza velocemente.

Tanti, inoltre, i temi venuti fuori, sia da singoli gruppi che da entrambi: si tratta chiaramente di una questione che coinvolge tutto e tutti.[23]

A parte certi punti saldi, dinnanzi alla diversità di opinioni si comprende la difficoltà nel formulare una previsione per il futuro. Ci si può impegnare molto nel tentativo, ricavando visioni e dati, ma, vista la mole di fattori che contribuiscono alla formazione del mercato del lavoro, la precisa previsione è impossibile.

Per questo Autor immagina di chiedere ad un contadino di un secolo fa dove sarebbero andati a lavorare coloro che lavorano la terra, se avessero saputo che l'occupazione nell'agricoltura sarebbe passata dal 40% al 2%. Nessuno avrebbe immaginato sarebbero passati nel mondo del software, dei servizi, del turismo, della medicina, ecc. È la mancanza di immaginazione che ci limita dal poter prevedere questi cambiamenti, e, così come contraddistingueva il contadino di un tempo, ora è propria delle nostre previsioni.[6]



# Capitolo 3

## Sintesi personale

Con il presente capitolo intendo presentare alcuni fattori che potrebbero dare risvolti inaspettati alle problematiche del mondo del lavoro.

La tecnologia ha dimostrato grandi capacità, e ancora possiede potenzialità grandissime, con progressi quotidiani sotto gli occhi di tutti. Robot e algoritmi riescono ad imitarci sempre più in ciò di cui solo noi eravamo capaci e sempre più spesso riescono a sorprenderci. Abbiamo automi che corrono, saltano, superano ostacoli, aprono porte, afferrano oggetti, rimangono in equilibrio su terreni imprevedibili, e possono imparare a cucinare o fare altre attività tramite l'osservazione; riconoscono le nostre emozioni, hanno fattezze umane e movenze realistiche. Ce ne sono anche con design più funzionali, come quelli che puliscono le case, esplorano i cunicoli più stretti ed impervi, trasportano tonnellate di materiale. Dietro tutto questo ci sono i risultati sorprendenti dell'intelligenza artificiale. Abbiamo algoritmi che riconoscono canzoni, luoghi, volti, lo spam delle mail; apprendono da soli come risolvere certi videogiochi. Questo è solo l'inizio di uno sviluppo incredibile di cui non si conoscono bene i limiti: sappiamo quali sono per ora le strettoie che ne freneranno lo sviluppo, non se saranno barriere insormontabili o solo momentanee. Non preoccupiamoci ancora degli allarmi lanciati da scienziati del calibro di Stephen Hawking, che ritengono l'intelligenza artificiale come una minaccia per l'uomo.[12] È chiaramente lontano il giorno in cui, se mai saranno superabili certi colli di bottiglia, le macchine saranno in grado di intendere e di volere. E se davvero un giorno l'eccessivo sviluppo di questa tecnologia potesse metterci a rischio, potremo sempre fermarci, avendo comunque ottenuto grandi frutti per l'umanità.

Senza tanta paura, immaginiamo un futuro non troppo lontano in cui i lavori più annosi saranno performati dagli automi. Il ritmo necessario per questo livello di computerizzazione sarà determinato da tanti fattori. Tra questi notiamo che:

- le invenzioni che risparmiano lavoro possono essere adottate solo se

l'accesso a manodopera economica è scarso o i capitali sono grandi,

- il livello dei salari, il prezzo dei capitali e la carenza di manodopera influiscono sulle tempistiche, ma non il lavoro, che svolge un ruolo passivo; questo implicherà alla lunga l'aumento degli stipendi come anche del costo del capitale, rendendo l'automazione maggiormente proficua,
- le normative politiche e gli attivismi del pubblico potrebbero frenarlo (seppure la mentalità contraria al progresso sia andata sfiorando dopo la rivoluzione industriale).[17]

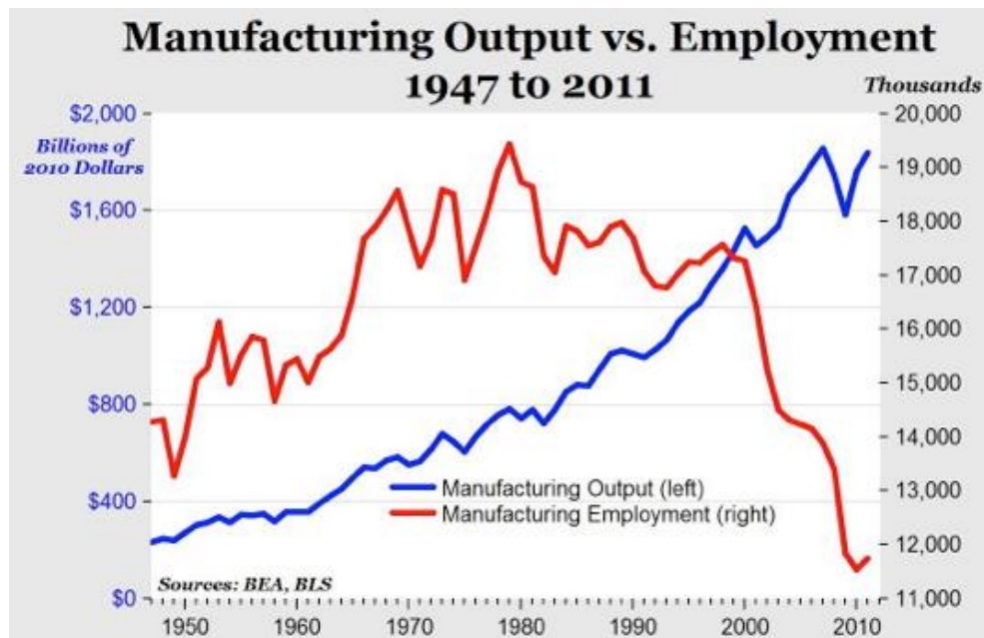


Figura 3.1: Vediamo l'occupazione nel manifatturiero evidenziata dalla linea rossa, mentre la blu indica i suoi risultati economici.

Il capitalismo, per quanto sia un sistema pieno di contraddizioni e problemi, è un facile veicolo per il progresso tecnologico. La maggior parte dei paesi industrializzati che viaggiano ancora su questi binari, invece di seguire politiche più controllate (come insegnano i paesi scandinavi), si ritrovano con una sempre migliore tecnologia all'interno delle proprie attività (specie le grandi multinazionali all'avanguardia), ma al contempo pochi ricchi e milioni di poveri e disoccupati (Figura 3.1), un mercato del lavoro polarizzato (3.3), impossibilità di cambiare il proprio stato sociale (3.2), finanze barcollanti e debiti pubblici schiacciati.

Già Einstein descriveva questi meccanismi:

“L'anarchia economica della società capitalistica, quale esiste oggi, è secondo me la vera fonte del male. Vediamo di fronte a noi un'enorme comunità

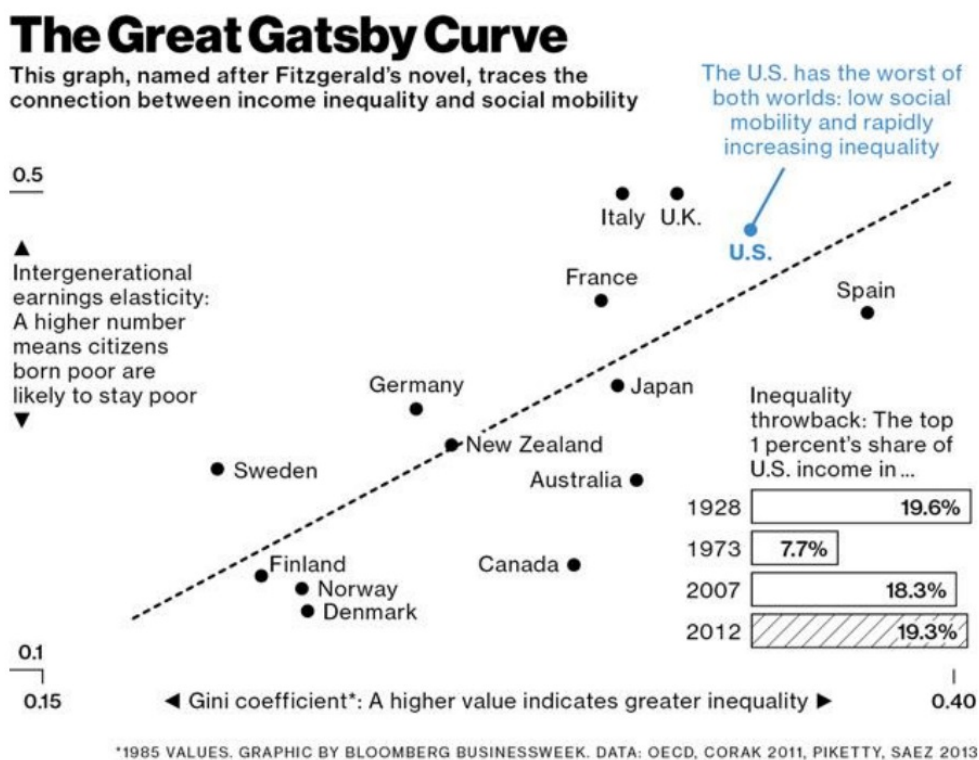


Figura 3.2: Grafico che posiziona i paesi in base al loro livello di disuguaglianza sociale e la possibilità di cambiare il proprio stato; più i valori sono alti e più sono negativi.

di produttori, i cui membri lottano incessantemente per privarsi reciprocamente dei frutti del loro lavoro collettivo, non con la forza ma, complessivamente, in fedele complicità con gli ordinamenti legali. Sotto questo punto di vista è importante comprendere che i mezzi di produzione -vale a dire tutta la capacità produttiva che è necessaria sia per produrre beni di consumo quanto per produrre capitale addizionale- può essere legalmente, e per la maggior parte dei casi è, proprietà dei singoli individui. [...]

Il capitale privato tende a essere concentrato nelle mani di una minoranza, in parte a causa della concorrenza tra i capitalisti e in parte per il fatto che lo sviluppo tecnologico e la crescente divisione del lavoro incoraggiano la formazione di più larghe unità di produzione a spese delle più piccole. Il risultato di questo sviluppo è un'oligarchia del capitale privato, il cui enorme potere non può essere effettivamente arrestato nemmeno da una società politica democraticamente organizzata. [...]

La dominante in un'economia fondata sulla proprietà privata del capitale è caratterizzata da due principi basilari: primo, i mezzi di produzione (il capitale) sono posseduti da privati e i proprietari ne dispongono come meglio credono; secondo, il contratto di lavoro è libero. Naturalmente una società capitalistica pura, in questo senso, non esiste. In particolare si dovrebbe

notare che i lavoratori, attraverso lunghe e dure lotte politiche, sono riusciti ad assicurare per certe loro categorie una forma alquanto migliorata di “libero contratto di lavoro”. Ma, presa nell’insieme, l’economia odierna non differisce dal “puro” capitalismo.

Si produce per il profitto, non già per l’uso. Non esiste alcun provvedimento per garantire che tutti coloro che sono atti e desiderosi di lavorare siano sempre in condizioni di trovare un impiego; un “esercito di disoccupati” esiste quasi in permanenza. Il lavoratore vive nel costante timore di perdere il suo impiego. Poiché i disoccupati e i lavoratori mal retribuiti non rappresentano un mercato vantaggioso, la produzione delle merci per il consumo è limitata, con conseguente grave danno. Il progresso tecnico spesso si risolve in una maggiore disoccupazione, piuttosto che in un alleggerimento del lavoro per tutti. Il movente dell’utile, insieme con la concorrenza tra i capitalisti, è responsabile dell’instabilità nell’accumulazione e nell’utilizzazione del capitale, destinata a portare a crisi sempre più gravi. Una concorrenza illimitata porta a un enorme spreco di lavoro e a quel deterioramento della coscienza sociale degli individui.” [15]

Dietro tali problematiche ci sono varie cause e non voglio semplificare una discussione per cui non basterebbero interi libri di economia e dibattiti per il fenomeno. Quello che mi interessa sottolineare è la direzione che stiamo prendendo: come ricorda Keynes, un fattore fondamentale per il progresso tecnologico è l’accumulo di capitali e nell’era del capitalismo, del quale non riusciamo a trovare alternativa migliore, esso trova l’occasione di ottenere grandiosi risultati, con i dovuti effetti collaterali.

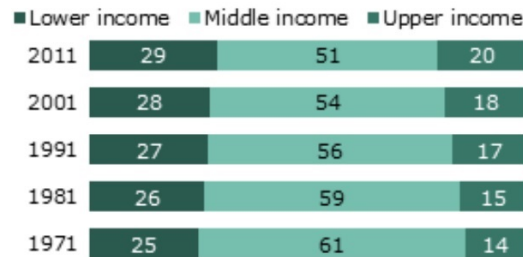
A mio modesto parere, con il proseguire di queste politiche avremo avanzamenti tecnologici esponenzialmente crescenti, ma al caro prezzo di aumento di disoccupazione tecnologica sempre più cronica e di crescita di disparità tra una piccolissima élite di ricchi, con le loro multinazionali che detengono la stragrande maggioranza di ricchezze del mondo, e un’enormità di persone allo stremo in ogni parte del mondo. Non c’è una mano invisibile che sistema tutto per tutti, ma è la normale realizzazione dell’obiettivo dell’accumulo di capitali sempre più grandi richiesto dal capitalismo, o dalle nuove forme che incarna (Figura 3.5).

I capitali forniscono la possibilità di sviluppare automazione, che aumenta la produttività delle aziende. Così crescono e si modernizzano, ma non assumono più, non avendone bisogno; se anche si creassero nuovi lavori, a questo ritmo è facile vengano automatizzati ancora prima che l’uomo sia pronto (Figura 3.4).

Gli scenari iniqui che si vengono a formare sono una conseguenza che trovo inevitabile se non cambieremo rotta. Per le strutture economiche, politiche e sociali che abbiamo, ciò è davvero



### Percentage Distribution of Adults by Income Category, 1971-2011



Note: Adults are assigned to income categories based on their size-adjusted household income in the calendar year prior to the survey year (e.g., 2010 income is from the 2011 survey).

Source: Pew Research Center tabulations of the Current Population Survey, Annual Social and Economic Supplements, 1971-2011

PEW RESEARCH CENTER

Figura 3.3: Vediamo come i lavori mediamente retribuiti vadano scomparendo.

spaventoso. Con una riflessione più profonda e lucida, trovo invece che i frutti di questo sistema daranno un'opportunità grandissima per l'umanità intera, specie per i più succubi dei recenti sviluppi dell'economia.

Andrew Rens, tra le interviste del Pew che abbiamo visto, dice “Gli imprenditori offrono beni e servizi solo se c'è chi li compra. Ogni paese che vuole essere competitivo deve assicurarsi che i propri cittadini siano impiegati, così che abbiano soldi per comprare beni e servizi.”[23]

Come potrà sorreggersi, allora, un sistema in cui sempre meno persone potranno permettersi di comprare? Per quanto tempo basteranno le forze dei mediamente retribuiti in continua diminuzione, sempre che sopravvivano all'automazione? Gli ammortizzatori sociali, così come le politiche di welfare, non potranno durare in eterno, se mancano i lavoratori da cui prelevare i contributi. Come detto, i disoccupati potranno aggiornarsi per prepararsi a lavori non suscettibili ad automazione, ma quanto può funzionare? Abbiamo posto che solo certe caratteristiche delle attività che possiamo svolgere ci salvaguardano dalla computerizzazione. Un tempo queste caratteristiche soltanto nostre erano molte di più, quindi rappresentavano una garanzia di potenziali nuovi lavori. Con la “concorrenza” delle macchine, capaci e meglio di noi, i nostri possibili orizzonti si restringono sempre di più. Senza dimenticare l'aumento demografico apparentemente irrefrenabile, è difficile pensare che davvero ci saranno possibilità di lavoro per tutti. Pur con un ulteriore incremento dell'istruzione, per cui avremo milioni di preparatissimi manager, avvocati, insegnanti, psicologi, mi chiedo se serviranno davvero, in queste quantità, tutte queste figure professionali.

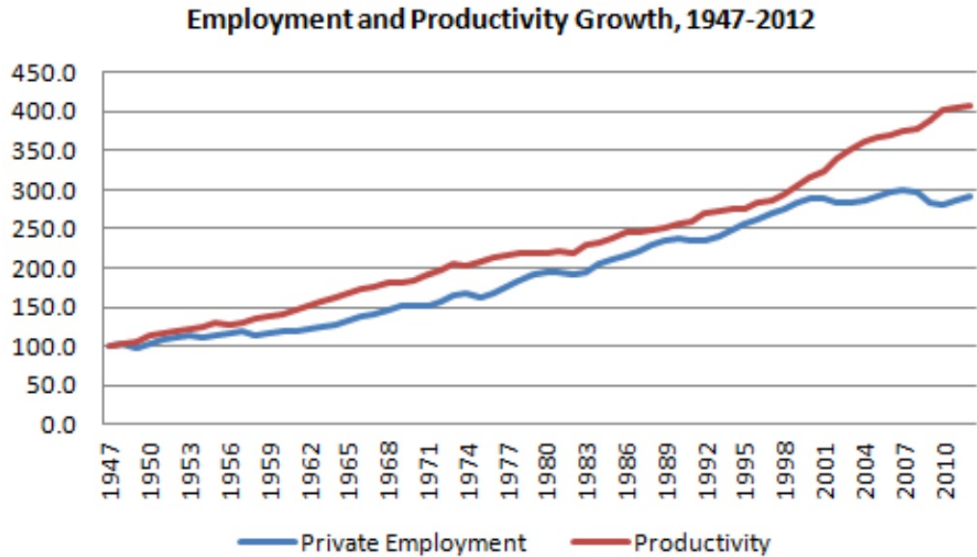


Figura 3.4: *Per quanto la crescita economica sia sempre andata di pari passo con l'occupazione, negli ultimi decenni notiamo uno scostamento a sfavore di quest'ultima.*

Ciò che temo è che, a causa di questo surplus di offerta, queste figure di medio-alta retribuzione diventeranno la nuova fascia di lavoratori miseramente retribuiti, con grosse percentuali di disoccupati anche qui, in quanto sovrabbondanti per la società. E credo si uniranno ad una vasta schiera di artisti e dotti che da sempre sono una categoria che vive sul filo del rasoio, ovviamente escludendo quei pochi famosi che riescono a vincere la sfida del successo. Ma esisterà più il successo senza le folle oceaniche di persone che si possono permettere l'intrattenimento mentre lottano per un pezzo di pane? Le poche grandi aziende capitaliste, visto che non avranno più bisogno delle attività svolte finora dagli uomini, a parte poche figure altamente qualificate e retribuite, potrebbero svolgere un giorno il ruolo degli antichi mecenati e basando i redditi sulle arti e le conoscenze.

Scongioro la possibilità che la miseria comporti una guerra civile che porterebbe alla ribalta l'ignoranza e le bassezze umane, portando all'instaurazione violenta di regimi dittatoriali che difficilmente saprebbero gestire l'uguaglianza mantenendo le libertà. Senza purtroppo escludere questo rischio, penso che se restassimo aggrappati a questo sistema incentrato sul denaro, l'unica alternativa buona potrebbe essere la ripartenza della stragrande maggioranza della società da economie piccole, primitive e quanto possibilmente autarchiche, mentre il vecchio circolo economico mondiale potrebbe essere abbandonato, tranne che dai pochi grandi ricchi che continuerebbero a concludere affari, dando vita propria al sistema, così da vivere nel massimo del lusso e all'avanguardia delle tecnologie ottenute (questa stabilità non so nemmeno se sia possibile senza la massa di persone che ali-

menta le loro aziende tramite gli acquisti). Eppure, trovo questa alternativa meno probabile di quella più tragica, anche perché non ha molto senso per la stragrande maggioranza (colpita dagli effetti collaterali del capitalismo) continuare su questa strada, se porterà a una situazione del genere.

Non ritengo credibili, invece, quelle alternative positive che vedono i liberi capitalismi ancora in piedi e che continuano a produrre innovazione, garantendo nuovi posti di lavoro a tutti, senza provocare vasta miseria per la maggioranza delle persone. Si deve capire che le risorse sono finite. Il valore aggiunto che ogni lavoro produce è appunto aggiunto al valore di quelle risorse, ma non è di per sé una risorsa. Queste risorse, soprattutto quelle monetarie, concentrate sempre più in piccole parti della società (le aziende che dominano il mercato), da qualche parte vengono sottratte, e la fonte sono i nostri consumi che causano inevitabilmente il nostro impoverimento: Dare/Avere. Le regole del gioco sono semplici: o sposi gli ideali di carriera che ti porteranno denaro, e se ti va bene riesci ad entrare in quella piccola cerchia ristretta, oppure un po' per volta ti troverai sempre più impoverito e, per via della tecnologia, anche disoccupato.

Col senno di poi, trovo tutto questo un bene, seppure sofferente nel suo itinerario, considerando anche che forse non avevamo alternative più affidabili. Dico questo con la lucidità di cui parlavo prima, perché credo ci sia una speranza concreta ed equa per l'umanità che può evolvere solo partendo dai fantastici risultati che stiamo ottenendo con lo sviluppo tecnologico.

La mia idea, che ho scoperto essere già stata pensata da Keynes, non è di abbattere il capitalismo, come tanti no-global ed attivisti urlano, anche perché mi sembra così radicato da risultare inestirpabile. Vorrei che questo sistema economico evolvesse, in maniera pacifica e con la razionalità di cui noi uomini siamo dotati e con la quale potremmo trovarci tutti d'accordo, se solo ci ascoltassimo: giusto quest'ultimo credo sia l'unico aspetto utopico della questione. Se anche non si realizzerà con questo procedere, penso che l'umanità sarà comunque costretta a convergere su soluzioni simili, se vuole evitare pericolose e grosse crisi.

Il mercato del lavoro, con l'avanzare dell'automazione, penso vada affievolendosi. Tim Bray dalla ricerca del PRC: "Le persone, il cui lavoro a tempo pieno sarà necessario per nutrirci, curarci, farci stare al sicuro, fornirci di beni, diminuiranno inevitabilmente. Spero che porti a una ristrutturazione dei contratti sociali del lavoro" [23].

L'idea di lavorare tutti, ma di meno, non dovrebbe spaventarci: avremmo molto più tempo libero per noi stessi e per i nostri cari. Quello che ci preoccupa sarà quanto ci pagheranno di meno, ma stiamo ancora ragionando con le logiche del capitalismo per cui quel denaro ci serve per comprare tutte quelle cose che soddisfano i nostri bisogni. Ma dimentichiamo per un momento queste dinamiche: pensiamo di averle abbandonate, che i nostri bisogni primari verranno comunque soddisfatti come nostra retribuzione al posto di ricevere denaro. Accettare di lavorare meno, che già ci permette

di riappropriarci di quel tempo in più a noi tanto caro, porterà ad accettare anche che successivamente potremmo non dovere lavorare più per niente, perché qualsiasi lavoro necessario per la nostra società sarà svolto dalle macchine. Potremo finalmente goderci la vita a tempo pieno, dedicandoci alle nostre passioni, curiosità, conoscenze, intrattenimento, e religione, socialità, e fare nuove esperienze.

Siamo così gravati dalle difficoltà dei nostri problemi di sussistenza, così tanto entrata nella nostra cultura da creare veri e propri valori che ci spronano, che parlare di queste cose ci risulta utopico. È molto più facile vedere un'incombente distruzione davanti a noi.

Può sembrare un paese dei balocchi: dov'è la magagna? come può sostenersi tutto questo?

Nessuno Stato al mondo, nemmeno il più potente credo riuscirebbe a mettere in piedi un sistema sostenibile che lo permetta. Penso che però i presupposti finanziari affinché qualcosa del genere si possa lentamente realizzare ci siano. Secondo Fortune, il ranking più prestigioso a livello internazionale, le 500 più grandi compagnie del mondo, nel 2014 hanno fatturato 31,2 trillion ( $10^{12}$ ) di dollari di cui 1,7 di profitto. Queste aziende provengono da 36 paesi e danno lavoro a 65 milioni di persone in tutto il mondo (cifra di pochi milioni più dell'intera popolazione italiana che non è nemmeno l'1% di quella mondiale). I 3 settori merceologici che dominano il ranking sono quello bancario, petrolifero e l'automotive, ma si fanno sempre più sentire le aziende di web, elettronica e software.[16]

In un mondo in cui avere denaro significa avere potere, sono proprio queste aziende che sarebbero capaci di cambiare le cose se collaborassero per un progetto comune. Attualmente il PIL mondiale è \$77,3 trillion, di cui 17,4 degli USA e 10,3 della Cina. Capiamo quanto imponente sia il fatturato di queste aziende solo se lo paragoniamo alle classifiche dei paesi del mondo per PIL. Per farci un'idea, in una classifica unificata, troveremmo la Shell col fatturato più alto (481 miliardi di dollari) che seguirebbe il Belgio al venticinquesimo posto (483 miliardi di dollari), mentre tantissimi paesi del mondo si sognano queste cifre.[25]

E se queste aziende cominciassero a smettere di pagare i propri dipendenti così che non paghino più i beni e servizi che necessitano col loro stipendio, ma piuttosto come retribuzione li fornissero di tutto quello di cui hanno bisogno? Ancora meglio se questo facesse parte di un progetto condiviso dalle aziende che posseggono i capitali più grandi del mondo con la collaborazione degli Stati, in modo che molte di queste aziende abbiano già investito il proprio capitale in settori necessari al sostentamento di questi nuovi "pagamenti". Bisognerebbe fare un'analisi dei costi ma i beni che vengono prodotti direttamente all'interno dello stesso conglomerato di aziende è sicuramente a costo più favorevole di quello del mercato e se gli stipendi si assume che sono sufficienti per vivere, allora questa dovrebbe essere una soluzione più economica per l'impresa, specie se d'accordo con i paesi non

devono pagare contributi. Questo progetto è ancora molto acerbo ed andrebbe approfondito, ma romperebbe il meccanismo con cui sono cresciute e vivono tutte queste grandi aziende e i servizi di welfare offerti dai paesi. Per questo dovrebbe essere un progetto molto graduale, che può partire sin da ora, anche se apparentemente va contro gli interessi di tutti. L'idea è che il conglomerato di aziende del progetto sfruttino i campi in cui sono già all'avanguardia ed investano nei settori che mancano, dalla sanità all'istruzione, per dare un servizio di beni primari, ma anche secondari e con fattori personalizzabili tipici del mercato, che garantiscano una vivere assicurato per tutta la vita del dipendente. Questo non porterà tasse o contributi agli Stati, ma sottrarrà loro tante spese di Welfare, che al crescere in dimensioni del progetto, alleggerirà sempre di più i bilanci statali. Nel frattempo si continueranno a sviluppare tecnologie che renderanno i bisogni di manodopera economica del sistema sempre più soddisfatti dalla presenza di robot ed AI nelle attività delle aziende. Nel frattempo tutte queste aziende continueranno a raccogliere capitali tramite il capitalismo dal resto degli abitanti del pianeta, permettendo alle aziende di continuare a crescere smisuratamente e tirare dentro altre persone. Il punto è che eccetto che per la ricerca, per la gestione e per la supervisione di tutte queste attività, non serviranno a queste aziende altri uomini. Come impiegarli allora? Il progetto deve aver raggiunto un buon livello di maturazione in quanto ad investimenti in tutti i settori necessari, per esempio acquistando anche terreni che serviranno per produrre cibo in maniera totalmente automatizzata dai robot prodotti dalle stesse aziende partecipanti al progetto. Stiamo parlando di un momento in cui la tecnologia avrà sostituito tutti i lavori a basso reddito che abbiamo visto e cominciano ad essere minacciati quelli a media retribuzione. Come detto, credo che le persone si continueranno ad istruire in tutte quelle attività non suscettibili anche se temo un'esuberanza di lavoratori per questi settori. Lavori tra l'altro spesso inutili a questo macrosistema, che puntano più alla crescita culturale dell'uomo, cose che spesso sono più legate alle nostre passioni che ne alle mansioni che siamo abituati a considerare per lavoro. Jim Hendler sempre per il Pew: "La nozione di lavoro come necessità per la vita non può essere sostenuta. [...] L'uomo si adatterà trovando diversi modi per pagare, com'è successo nella rivoluzione industriale" [23]. A progetto maturo, si potranno aumentare le persone dentro il progetto fungendo, come dicevo prima, da mecenate. Si studierà un modo per permettere meritocraticamente alle persone di avere beni e servizi migliori in base a quello che fanno, garantendo a tutti i bisogni primari soddisfatti. Il progetto dovrà crescere finché esisterà mercato e la quasi totalità dei capitali sarà in suo possesso in modo che tutti potranno entrare a farne parte. Le aziende sfrutteranno così il potere conferitogli dal capitalismo per creare una sorta di socialismo che nessun paese sarebbe in grado di sostenere.

Questa mia idea all'atto pratico è piena di ostacoli e complicanze che difficilmente produrrebbe gli stessi risultati così semplicemente come sono

stati pensati. Credo però che se si finanziasse un'equipe di ingegneri ed economisti preparati che progettasse il tutto con buoni propositi, qualcosa di grande si potrebbe realizzare.

L'ostacolo più grande sarà sicuramente il consenso da parte delle aziende ad andare inizialmente contro il loro stesso interesse. Ma d'altro canto viste le prospettive più apocalittiche credo che sarà una soluzione che vada più a genio ai loro interessi futuri. Basti guardare il difficile rapporto tra aziende, paesi ed ambiente. Trovo che proprio l'ecologia giocherà un ruolo chiave nel determinare l'economia e quindi anche il futuro mondo del lavoro. I ritmi che abbiamo sono ormai chiaramente insostenibili per il nostro pianeta e se non cerchiamo l'autodistruzione dovremo adeguarci. Abbiamo notizie anche recenti che ci danno grandi speranze a proposito. Un esempio è la batteria domestica realizzata dall'azienda Tesla che permetterà finalmente di immagazzinare energia per un uso successivo dalle energie rinnovabili quali i pannelli solari.[24] L'Università di Standford prevede che entro il 2050 gli Stati Uniti potranno essere al 100% alimentati da energia pulita.[19] Se non riuscissimo a trovare di queste alternative potremmo ritrovarci un giorno all'improvviso senza più la possibilità di utilizzare la stragrande maggioranza di tecnologie che abbiamo così tanto faticosamente prodotto finora, in quanto continuare a produrre energia con risorse inquinanti sarebbe letale. È un chiaro vincolo per l'economia che potrebbe definire nettamente la fine dell'automazione per il mercato del lavoro e riscrivere tutto il nostro destino.

Di vincoli come questi ce ne sono tanti. Un altro molto importante credo sarà la crescita demografica. Se non saremo in grado di controllarla potrebbe accelerare la diffusione della miseria nel mondo, creando sempre più rischio di possibili disordini che facciano più danni che ne giustizia. Già la disoccupazione tecnologica lascia a casa sempre più lavoratori difficili da reintegrare. Un aumento di popolazione può solo aumentare gli sforzi necessari alle politiche dei paesi per eliminare la disoccupazione.

Chissà che, se riusciremo a colonizzare davvero i satelliti o i pianeti vicini, non si arrivi a una redistribuzione della popolazione (prevista per quasi 10 miliardi di persone nel 2050)[26] e che sfruttando le risorse di questi nuovi posti si riesca a riequilibrare la giustizia economia anche grazie all'automazione.

Per concludere, quel che è certo è che l'automazione sarà una nodo cruciale per la soluzione del problema economico. Anche secondo Keynes la disoccupazione tecnologica non è un fattore così tragico. Essa infatti è secondo lui solo una fase transitoria: il progresso viene visto come un lungo itinerario verso l'intenzionale liberazione dalla fatica fisica, prima, e da quella intellettuale, poi. Il ritmo con cui raggiungeremo questa beatitudine pensa che dipenderà dal:

- controllo demografico,

- determinazione ad evitare guerre e conflitti,
- volontà di lasciare alla scienza la direzione di quelle questioni che sono di sua stretta pertinenza,
- tasso di accumulazione (produzione/consumo)

Nel frattempo dovremmo pensare ai problemi maggiori e duraturi, ed imparare a fidarci degli economisti che svolgono il loro compito con umiltà, e lasciar fare a loro così come lasciamo fare al dentista.[20]

Quindi non lasciamoci prendere dal panico e cerchiamo di essere cittadini consapevoli, per fare scelte migliori per noi stessi, ma anche per gli altri. Con i prodigi dell'informatica si sta realizzando l'utopia di Aristotele e se si troveranno nelle mani giuste ne trarremo tutti vantaggio: questa speranza dovrebbe renderci gioiosi. Parlando di Aristotele, i greci provavano disprezzo per il lavoro dipendente, per qualsiasi attività fisica, fosse anche la produzione di statue. Questo perché distoglieva l'uomo dalla produzione delle idee. Fantasticando il filosofo pensava: "Se ogni strumento potesse, a un ordine dato, lavorare da sé stesso, se le spolette tessessero da sole, se l'archetto suonasse da solo la cetra, gli imprenditori potrebbero fare a meno degli operai e i padroni degli schiavi". La tecnologia non fornì loro il supporto pratico ma noi vediamo questi sogni incredibilmente realizzati. Rickover stima che ogni nostro elettrodomestico equivale al lavoro di 33 schiavi dell'antica Grecia, un operaio ha un aiuto dalle macchine di una fabbrica pari a 244 e un'automobile si muove con la forza di 1000 schiavi.[14] Eppure siamo spaventati da questo: la viviamo come una minaccia all'occupazione invece di viverla come liberazione dal lavoro.

Qualsiasi scenario ci si prospetterà, noi come umanità abbiamo la capacità di decidere del nostro futuro. Decideremo cosa impegnerà il nostro tempo e come soddisferemo i nostri bisogni, ed è proprio ciò che ci lega tanto al lavoro. Ad ogni modo affinché le scelte siano sagge serviranno testa ma soprattutto cuore, perché se ci lasciamo trasportare da principi egoistici questi impregneranno l'economia stessa su cui ci basiamo portando a ciò che è sotto gli occhi di tutti, se invece sapremo fare scelte coraggiose allora sopravviveremo tutti degnamente.

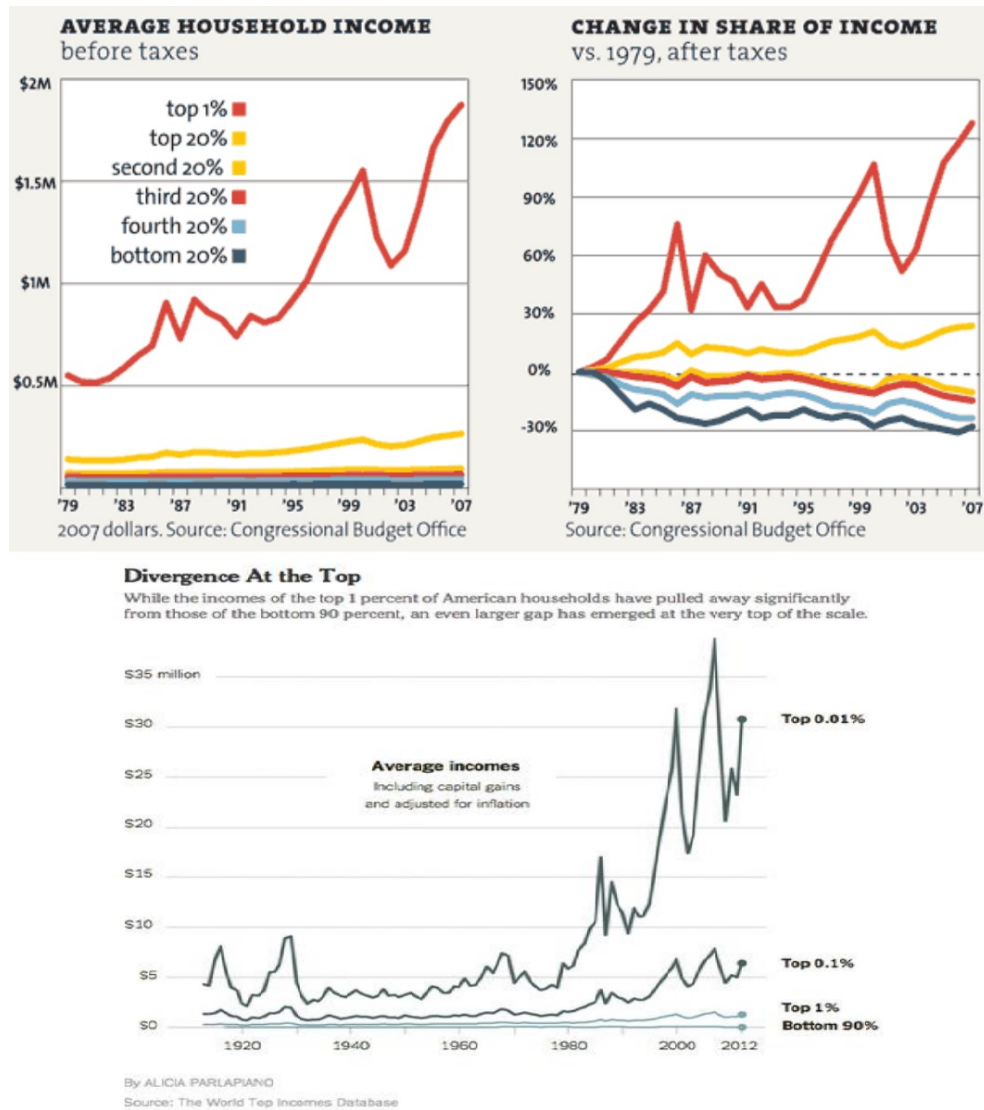


Figura 3.5: Due grafici che mostrano i redditi medi nel tempo del miglior 0,01%, 0,1%, 1% e del 99% dei lavoratori negli Stati Uniti, e un grafico che mostra gli aumenti/diminuzioni di reddito per le diverse fasce.



# Conclusioni

In questa analisi, dopo aver brevemente anticipato le fonti su cui ci si sarebbe soffermati, si è visto quali potranno essere le possibili evoluzioni del mercato del lavoro, considerando i recenti sviluppi dell'informatica.

Nella storia l'innovazione tecnologica, che ha visto il suo considerevole sviluppo solo a partire dal XVI secolo, è stata fortemente combattuta da quelle figure messe a rischio di disoccupazione. Nonostante ciò, nel tempo il progresso ha sempre avuto la meglio, avendo comunque effetti positivi quali la creazione di nuovi posti di lavoro e l'aumento di ricchezza. Con questa dinamica si è arrivati ai giorni nostri, in cui l'automazione sembra mettere seriamente a rischio diverse categorie di lavoratori.

Per comprendere quali effettivamente saranno a rischio di computerizzazione nei prossimi decenni, si sono viste nel dettaglio le ricerche di Frey ed Osborne sull'argomento. I due ricercatori dell'Oxford Martin School partono dalla classificazione delle attività di Autor in base alla ripetitività ed alla fisicità, dovendo poi espanderne i concetti visto che gli sviluppi in Machine Learning e Mobile Robotics hanno permesso per la prima volta di eseguire quei lavori non di routine, prima ritenuti impensabili per le macchine.

Per realizzare un algoritmo adeguato, volto alla quantificazione della probabilità di automazione del mix di lavori presenti nel 2010 negli Stati Uniti, gli autori hanno definito quali fossero le caratteristiche delle attività, svolte all'interno dei lavori, che rappresentassero problemi ingegneristici irrisolvibili. Essi sono la percezione, la manualità, l'intelligenza creativa e sociale, tipici degli esseri umani e che resteranno loro monopolio almeno per i prossimi 20 anni. Per tutte le altre attività è possibile l'automazione.

Sapendo questo, Frey ed Osborne hanno selezionato da O\*NET, una banca dati che descrive le peculiarità di tutti i lavori statunitensi (anche attraverso variabili standardizzate), 702 occupazioni che avessero informazioni corrispondenti riguardo redditi e livelli d'istruzione al Bureau of Labour Statistics.

Questo procedimento è simile a quello usato da Blinder per valutare la probabilità che determinati lavori fossero soggetti ad offshoring. Vengono allora presi 70 di questi lavori ed etichettati da esperti come computerizzabili o non computerizzabili. Dopo aver definito l'algoritmo probabilistico e aver effettuato opportune verifiche su quale classificatore di probabilità desse risultati più accurati, è stato testato sui dati presi dal database di O\*NET. Verificata anche la consistenza dei risultati, hanno potuto scoprire che ben

il 47% degli attuali lavori sono a serio rischio di automazione, colpendo in primo luogo i lavori a basso reddito e basso livello d'istruzione.

Autor, nel frattempo, ci mette in guardia dall'ansia per la tecnologia e ci rassicura attraverso il paradosso di Polanyi, secondo cui ci sono molte cose che sappiamo, anche se non sappiamo di saperle. È per questo che certe attività, che svolgiamo in maniera naturale, si rivelano impossibili da programmare. Ma non è da escludere che un giorno supereremo anche questa barriera.

Su posizioni simili si trovano metà degli esperti di informatica o economia intervistati dal Pew Research Center per capire il futuro del mercato del lavoro. Essi pensano che l'innovazione seguirà il corso che ha avuto in passato, creando ricchezza e maggiore tempo libero per dedicarci ad altre attività con un futuro riassetto dei contratti sociali. L'altra metà degli esperti è di parere diametralmente opposto: teme che saranno di più i lavori distrutti di quelli creati, e che la disoccupazione non avrà precedenti con il rischio di grandi disordini pubblici. Tra le preoccupazioni condivise da entrambi i gruppi vediamo che l'educazione non riesce a preparare adeguatamente al futuro mondo del lavoro.

Forte di queste ricerche, provo a formare una personale visione di quello che si rivelerà il futuro mondo del lavoro. Nella speranza che l'uomo sia in grado di risolvere problemi impellenti (quali le minacce ecologiche, il controllo demografico ed il raggiungimento e la salvaguardia della pace), prendo in considerazione i principali effetti del capitalismo, che ha il merito di permettere sviluppi tecnologici senza precedenti, ma anche la colpa di aver polarizzato l'economia creando enormi disparità. Considerando improbabile la sopravvivenza del capitalismo con l'esponentiale accentuazione di questi effetti, cerco di immaginare un'evoluzione per cui le grandi aziende che dominano il mercato investono congiuntamente su un progetto comune con la collaborazione degli Stati. Questo progetto garantisce a un piccolo gruppo di persone (partendo possibilmente dai meno abbienti) tutti i bisogni primari in cambio del loro lavoro, invece di percepire uno stipendio e pagare i contributi. Con il consolidamento degli investimenti in tutti i settori necessari per l'autosostentamento dei propri dipendenti e con il forte ausilio dei futuri automi, il progetto si potrà espandere sempre più a tutto il mondo, man mano che le grandi aziende crescono e il resto del mondo si impoverisce. In questo modo si saranno sfruttati gli effetti del capitalismo, che innova e raccoglie capitali illimitatamente nelle stesse mani, per permettere pian piano a tutto il mondo di beneficiare della liberazione dalla fatica fisica e mentale del lavoro. Se avremo la forza d'animo e l'intelligenza per intraprendere scelte coraggiose, il mercato del lavoro potrebbe assumere forme totalmente differenti.

L'informatica si può rivelare l'invenzione più grande di tutti i tempi, come potrebbe diventare quella più letale per la storia dell'uomo. Noi siamo padroni del nostro futuro, a Dio piacendo.

# Ringraziamenti

È stata un'esperienza ardua e combattuta, ma dopo questi lunghi anni sono finalmente riuscito a coronare il sogno di laurearmi in un campo che mi appassiona sin da piccolo: l'informatica.

Sapevo da subito che non sarebbe stato facile. Mi aspettavano sfide caratteristiche dell'ingegneria che mi trovavano impreparato con una preparazione da ragioniere informatico. Ho stretto i denti e nessun ostacolo è stato insormontabile, riuscendo ogni anno a mantenere i requisiti per la borsa di studio. E mi sento in dovere di ringraziare proprio l'ER.GO e gli enti regionali e statali che vi stanno dietro, senza le quali borse di studio non mi sarei mai potuto permettere gli studi e non sarei nemmeno qui a scrivere queste parole.

Ma questo percorso non sarebbe stato possibile con le mie sole forze. Devo ringraziare in primis i miei familiari che mi hanno permesso con gioia il proseguimento degli studi, spronandomi incessantemente ad impegnarmi al massimo delle mie capacità. Non di meno sono state le motivazioni fornitemi dai miei amici più fedeli, dalla mia compagnia, dai fratelli della fraternità S.Francesco, e a tutti loro voglio dedicare un ringraziamento speciale.

Sono tanti anche gli amici conosciuti a Cesena che hanno seguito i corsi con me e sono davvero grato ad ognuno di loro. Ho un ricordo particolarmente vivo e prezioso delle fatiche e le gioie vissute assieme ai miei compagni di corso Giovanni (Ciandrini), Nicolò, Riccardo, Alberto, Giovanni (Ciatto) e Michele. Senza di loro questo corso non sarebbe stato lo stesso e li ringrazio davvero a cuore aperto per tutto quello che hanno fatto per me.

Ringrazio anche i professori con la loro professionalità e l'Università di Bologna, che mi hanno fornito una preparazione seria e qualificante. In particolare i ringraziamenti vanno al mio relatore Roli Andrea che con la sua piena disponibilità e fiducia nei miei confronti, mi ha permesso di realizzare una tesi a cui tenevo molto e che è aperta a sviluppi futuri.

Ultimo, non certo per importanza, ringrazio Dio che mi ha donato tutto questo. Spero di saper di mettere a frutto quel che ho imparato sempre all'insegna del bene per il prossimo.

Stefano Baldini  
Novilara, 28/09/2015



# Bibliografia

- [1] About C.B. Frey. <http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/people/453>.
- [2] About M. Osborne. <http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/people/647>.
- [3] Official O\*NET site. <https://www.onetonline.org/>.
- [4] D. Acemoglu and J. Robinson. In *Why nations fail: the origins of power, prosperity, and poverty.*, New York (USA), 2012. Random House Digital, Inc.
- [5] T. Aeppel. Wall street journal: Be calm, robots aren't about to take your job, MIT economist says, February 2015. <http://blogs.wsj.com/economics/2015/02/25/be-calm-robots-arent-about-to-take-your-job-mit-economist-says/>.
- [6] D. H. Autor. Polanyi's paradox and the shape of employment growth. In *Proceedings of ReEvaluating Labor Market Dynamics symposium*, Wyoming (USA), August 21-23, 2014.
- [7] D. H. Autor, F. Levy, and R. J. Murnane. The skill content of recent technological change: An empirical exploration. In *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 118, no. 4, Oxford (UK), 2003.
- [8] A. S. Blinder. How many us jobs might be offshorable? In *World Economics*, vol. 10, no. 2, 2009.
- [9] BLS. The standard occupational classification of BLS, 2010. <http://www.bls.gov/soc/>.
- [10] J. Bowles. Bruegel: Chart of the week: 54% of eu jobs at risk of computerisation, July 2014. <http://bruegel.org/2014/07/chart-of-the-week-54-of-eu-jobs-at-risk-of-computerisation/>.
- [11] E. Brynjolfsson and A. McAfee. In *Race against the machine: How the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy*, Lexington, MA (USA), October 2011. Digital Frontier Press.

- [12] R. Cellan-Jones. BBC: Stephen hawking warns artificial intelligence could end mankind, December 2, 2014. <http://www.bbc.com/news/technology-30290540>.
- [13] Cisco. Cisco visual networking index, 2012. [http://www.cisco.com/en/us/netsol/ns827/networking\\_solutions\\_sub\\_solution.html](http://www.cisco.com/en/us/netsol/ns827/networking_solutions_sub_solution.html).
- [14] D. De Masi. In *Tag. Le parole del tempo*, Milano (IT), 2015. Rizzoli.
- [15] A. Einstein. Why socialism? In P. Sweezy and L. Huberman, editors, *Monthly Review*, 1 (1), New York (USA), May 1949.
- [16] Fortune. Global 500, 2014. <http://fortune.com/global500/>.
- [17] C. B. Frey and M. A. Osborne. In *The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?*, Oxford (UK), September 2013. Oxford Martin School, University of Oxford.
- [18] M. G. Institute. Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. In *The political economy of technological change*, 2013.
- [19] M. Z. Jacobson, M. A. Delucchi, G. Bazouin, Z. A. F. Bauer, C. C. Heavey, E. Fisher, S. B. Morris, D. J. Y. Piekutowski, T. A. Vencilla, and T. W. Yeskoo. 100% clean and renewable wind, water, and sunlight (wws) all-sector energy roadmaps for the 50 united states. In *Energy Environ. Sci.*, 8, 2093, Stanford, CA (USA), May 2015.
- [20] J. M. Keynes. Economic possibilities for our grandchildren. In *Essays in persuasion*, 1930.
- [21] J. Mokyr. Technological revolutions in europe. In *The political economy of technological change*, Evanston, IL (USA), 1998.
- [22] M. Polanyi. In *The tacit dimension*, New York (USA), 1966. Doubleday.
- [23] A. Smith and J. Anderson. In *AI, Robotics and the future of jobs*. Pew Research Center, August 2014.
- [24] Tesla. Tesla's powerwall. <http://www.teslamotors.com/powerwall>.
- [25] Wikipedia. List of countries by GDP, 2014. [https://it.wikipedia.org/wiki/Stati\\_per\\_PIL\\_\(nominale\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Stati_per_PIL_(nominale)).
- [26] Wikipedia. World population, 2015. [https://it.wikipedia.org/wiki/Popolazione\\_mondiale](https://it.wikipedia.org/wiki/Popolazione_mondiale).