

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale
Dipartimento di Ingegneria Gestionale e della Produzione

Tesi di Laurea Magistrale

Impatto dell'adozione e dello sviluppo di intelligenza artificiale nelle imprese



Relatori

Prof. Carlo Cambini
Prof.ssa Elena Grinza

Candidato

Giorgia Miccoli

Dicembre 2020

Politecnico di Torino

Abstract

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale
Dipartimento di Ingegneria Gestionale e della Produzione

Impatto dell'adozione e dello sviluppo di intelligenza artificiale nelle imprese

di Giorgia Miccoli

Negli ultimi anni l'introduzione dell'intelligenza artificiale sta completamente stravolgendo il mercato del lavoro. Sono molte le aziende che, per non perdere il proprio vantaggio competitivo, stanno affrontando una vera e propria corsa agli armamenti per dotarsi di questi sistemi. Questo lavoro si pone come primo obiettivo quello di descrivere gli effetti dell'adozione dei sistemi di intelligenza artificiale nelle aziende, con particolare riferimento all'impatto sul mondo del lavoro e sull'innovazione e agli aspetti di interesse su cui le istituzioni hanno e dovranno porre la propria attenzione rispetto a tale fenomeno. In secondo luogo, attraverso un'analisi quantitativa condotta a livello d'impresa, vuole analizzare l'impatto che lo sviluppo di intelligenza artificiale può avere sulle performance delle imprese, cercando di cogliere gli effetti sulla crescita percentuale della produttività, dell'occupazione e della redditività. I risultati mostrano un impatto a lungo termine positivo e significativo sulla produttività delle imprese. Non si evidenziano invece effetti sulla crescita occupazionale, se non per particolari sottogruppi di imprese, e per la produttività delle aziende.

Keywords: automazione, disuguaglianza, industry 4.0, innovazione, intelligenza artificiale, mercato del lavoro, occupazione, polarizzazione, policy, previsione, produttività, reshoring.

Indice

Elenco delle tabelle	v
Elenco delle figure	vi
I Trattazione teorica	1
1 Introduzione	3
2 Impatto dell'adozione dell'IA nel mondo del lavoro	5
2.1 La diffusione dell'intelligenza artificiale nel mondo del lavoro	5
2.1.1 Che cos'è l'intelligenza artificiale?	5
2.1.2 I fattori che hanno portato allo sviluppo dell'IA	6
2.2 Effetti sull'occupazione derivanti dall'adozione dell'IA nelle imprese	8
2.2.1 Polarizzazione del lavoro	8
2.2.2 Effetto dell'automazione dell'attività di previsione	10
2.2.3 Displacement effect e le forze di bilanciamento	11
2.3 Il fenomeno del reshoring	14
2.4 Il modello piattaforma	15
3 IA & innovazione	17
3.1 L'IA favorisce l'innovazione	17
3.1.1 L'IA sposta l'uomo verso i lavori cognitivi e aumenta le competenze di mercato	18
3.1.2 Miglioramento del processo di innovazione per analogia	19
3.1.3 IA: l'invenzione di un metodo per inventare	20
3.2 Fattori che rallentano l'innovazione	21
3.3 Innovazione del Business Model	24
3.3.1 Roadmap per l'innovazione del Business Model	24
3.4 Diffusione dell'IA in Italia	27

4	IA & policies	31
4.1	Attenzione della Commissione Europea sull' IA	31
4.2	Aspetti da tenere in considerazione per l'emanazione di policies sull'IA	33
4.2.1	Privacy	34
4.2.2	Responsabilità e trasparenza dei sistemi di IA	35
4.2.3	Educazione	36
4.2.4	Portabilità dei dati, politiche open source ed infrastruttura digitale	37
4.3	Proposte di policy	38
4.3.1	Reddito di base universale	39
4.3.2	Sussidi all'occupazione	39
4.3.3	Tassazione del capitale	40
4.4	IA come arma di battaglia	41
4.5	IA per rendere le politiche di successo	42
4.6	IA & Antitrust	43
II	Analisi econometrica	45
5	Impatto dello sviluppo di sistemi IA sulla crescita delle imprese	47
5.1	Descrizione dei dati	47
5.2	Modello empirico	56
5.3	Descrizione delle variabili	57
5.3.1	Variabili dipendenti	57
5.3.2	Variabili indipendenti	58
5.3.3	Statistiche descrittive	59
5.4	Risultati	60
5.4.1	Impatto dell'IA sulla crescita occupazionale delle imprese . .	60
5.4.2	Impatto dell'IA sulla crescita della produttività delle imprese	65
5.4.3	Impatto dell'IA sulla redditività delle imprese	69
6	Conclusione	71
	Bibliografia	75

Elenco delle tabelle

3.1	Classificazione delle tecnologie di IA [Cockburn et al. (2018)]	21
5.1	Distribuzione dei brevetti di IA per settore industriale	52
5.2	Prime 10 imprese per numero di brevetti di IA pubblicati	53
5.3	Statistiche descrittive del campione: informazioni generali	59
5.4	Risultati: impatto dello sviluppo di sistemi IA sulla crescita occupazionale delle imprese	63
5.5	Risultati analisi per campioni separati	64
5.6	Risultati: impatto dello sviluppo di sistemi IA sulla crescita della produttività delle imprese	67
5.7	Risultati: Analisi per campioni separati	68
5.8	Risultati: impatto dello sviluppo di sistemi IA sulla redditività delle imprese	70

Elenco delle figure

2.1	Polarizzazione del lavoro [Nir Jaimovich & Siu (2020)]	9
3.1	Circolo virtuoso dell'IA [Lee et al. (2019)]	26
5.1	Andamento dell'application dei brevetti di IA nel periodo 2009/2014	49
5.2	Distribuzione geografica del numero totale di brevetti IA	50
5.3	Distribuzione geografica aggregata del numero totale di brevetti IA	50
5.4	Distribuzione geografica dell'intensità brevettuale in IA sullo stock totale	51
5.5	Distribuzione dei brevetti IA in relazione all'età dell'impresa	53

Parte I

Trattazione teorica

Capitolo 1

Introduzione

Negli ultimi anni, l'intelligenza artificiale è uno degli argomenti di discussione che più influenza imprese e governi, ma non solo, anche la vita quotidiana di tutti noi. L'origine dell'IA non è però così recente come si potrebbe pensare, è infatti caratterizzata da una storia di circa 70 anni. Si iniziò a parlare di IA nel 1950, quando Alan Turing, scrisse un articolo intitolato "Computing machinery and intelligence", in cui presentava un test (detto, in seguito, "Test di Turing") secondo cui una macchina poteva essere considerata intelligente se il suo comportamento, osservato da un essere umano, fosse considerato indistinguibile da quello di una persona [Redazione osservatori digital innovation (2019)].

Da quel momento in poi, seppur con numerosi alti e bassi, molti hanno iniziato a studiare questi sistemi, ma con grande difficoltà a causa della carenza di dati e informazioni a disposizione e soprattutto a causa dell'arduo obiettivo che si erano posti: la realizzazione di macchine veramente intelligenti. L'IA è tornata di moda negli anni '90, ma con un'ambizione diversa e più modesta: replicare e migliorare l'intelligenza umana nel riconoscimento e nella previsione dei modelli [Acemoglu & Restrepo (2020)]. Oggi, quello della reperibilità dei dati non è più un problema e questi sistemi si stanno diffondendo in modo sempre più massiccio all'interno delle imprese, grazie alla maggiore produttività e capacità di innovazione che sono in grado di apportare.

L'adozione dell'intelligenza artificiale non è però priva di conseguenze nel mondo del lavoro e nella società in generale. Risulta perciò necessario uno studio che analizzi questo fenomeno nel suo complesso, in modo tale che la consapevolezza degli effetti dell'adozione di questi sistemi possa permettere di non trovarsi impreparati e di reagire nel giusto modo. Questo lavoro nasce quindi con l'obiettivo di riordinare le idee e fare chiarezza su un argomento molto complicato, che per molti è ancora sconosciuto, ma che per la sua velocità di evoluzione presto sarà indispensabile per tutti.

Dopo aver descritto che cosa si intende per intelligenza artificiale, nel capitolo 2 è stato analizzato l'impatto che l'adozione di questi sistemi genera sul mercato del lavoro, con particolare riferimento all'occupazione, al fenomeno del reshoring e al modello piattaforma necessario per l'utilizzo degli stessi.

In seguito, nel capitolo 3 sono presentati i fattori che favoriscono o rallentano l'innovazione delle aziende a seguito dell'introduzione dei sistemi di IA. Non è però solo descritto il miglioramento della capacità innovativa delle imprese, in quanto affinché ciò si realizzi è necessario che le aziende seguano una "procedura" di implementazione che comporta una modifica del Business Model, chiave del successo di tutte le aziende.

Inoltre, la diffusione dell'IA sarà di successo solo se le istituzioni punteranno la loro attenzione su questo fenomeno. Perciò, nel capitolo 4 sono introdotti i fattori (privacy, responsabilità e trasparenza dei sistemi IA, educazione e portabilità dei dati, politiche open source ed infrastruttura digitale) che dovrebbero essere regolamentati per garantire un'innovazione responsabile e al contempo una riduzione della disuguaglianza, esacerbata dall'adozione di queste tecnologie. Tecnologie che, se usate nel modo corretto, possono portare a migliorare anche le politiche introdotte dai governi, ma che, se usate nel modo sbagliato, si possono rivelare come una vera e propria arma di battaglia, minando la sicurezza di tutti.

In aggiunta, attraverso la realizzazione di un modello empirico, nel capitolo 5 è stata svolta un'analisi quantitativa per valutare l'impatto dello sviluppo dei sistemi di IA sulla crescita delle imprese, cercando di cogliere gli effetti sulla produttività, sull'occupazione e sulla redditività.

Nell'ultimo capitolo infine si riportano le conclusioni e alcune riflessioni su nuove opportunità di ricerca.

Capitolo 2

Impatto dell'adozione dell'IA nel mondo del lavoro

2.1 La diffusione dell'intelligenza artificiale nel mondo del lavoro

2.1.1 Che cos'è l'intelligenza artificiale?

Per poter descrivere l'impatto che l'IA ha sul lavoro è necessario innanzitutto spiegare cosa si intende per intelligenza artificiale e quali sono le scienze sulle quali si basa.

L'intelligenza artificiale è una disciplina che permette la programmazione e progettazione di sistemi hardware e software, che consentono ad un elaboratore elettronico di svolgere prestazioni tipiche dell'intelligenza umana. Alla base delle problematiche legate a tali sistemi vi sono tre parametri che rappresentano i cardini del comportamento umano [Falconi (2017)]:

- una **conoscenza non sterile**, ovvero di esperienza e di possibilità di comprendere nuove informazioni tramite quelle già presenti nel sistema di partenza;
- una **coscienza** che permette di prendere decisioni;
- un' **abilità di risolvere problemi** in maniera differente a seconda dei contesti nei quali si trova.

In particolare, l'obiettivo è quello di dotare le macchine di queste caratteristiche in modo tale che siano in grado di risolvere dei problemi autonomamente. Questo

è possibile fornendo alla macchina un algoritmo (detto "algoritmo inferenziale") che sia a sua volta in grado di costruirne un altro, detto meta-algoritmo [Amigoni et al. (2008)].

L'IA nasce come un ramo dell'informatica per affiancare alla nozione di problema quella di algoritmo e di dato, con lo scopo di studiare ed evidenziare le varie modalità per la sua rappresentazione. Non bisogna però dimenticare come sia collegata anche con la robotica. L'introduzione dell'IA infatti avviene specialmente nel settore della robotica industriale per affinare e migliorare l'autonomia nei processi di automazione.

Come sostenuto da Beramini (2019) "la possibilità di avere a disposizione, all'interno della realtà lavorativa, una serie di robot maggiormente autonomi è una risorsa importante, nel momento in cui queste macchine sono in grado di adeguare il loro comportamento all'ambiente circostante e alla mansione che sono destinate a svolgere - riuscendo così a far fronte anche a situazioni inattese (o non inizialmente previste) per le quali non erano state programmate."

Uno dei risultati più importanti dell'IA è infatti quello del *machine learning* (o *apprendimento automatico*) che consente alla macchina di svolgere una determinata azione anche se questa non è stata programmata tra le azioni possibili. Questo è possibile mediante tre tipi di apprendimento [Amigoni et al. (2008)]:

- **apprendimento supervisionato**, ovvero alla macchina vengono forniti degli esempi di obiettivi da raggiungere, mostrando le relazioni tra input, output e risultato. Questa dall'insieme dei dati riesce ad estrapolare una regola generale, che possa permettere, ogni volta che viene stimolata con un determinato input, di scegliere l'output corretto per il raggiungimento dell'obiettivo.
- **apprendimento non supervisionato**, ovvero la macchina deve essere in grado di effettuare delle scelte senza essere stata prima "istruita", ma imparando esclusivamente dai propri errori.
- **apprendimento per rinforzo**, ovvero la macchina si trova ad avere un'interazione con un ambiente dinamico nel quale le caratteristiche sono variabili e non saprà il risultato delle proprie scelte se non alla fine della prova, quando comprende se l'obiettivo è stato raggiunto o meno.

2.1.2 I fattori che hanno portato allo sviluppo dell'IA

Prendere decisioni in condizioni di incertezza è il cuore delle moderne economie, proprio per questo l'introduzione di algoritmi molto potenti come quelli offerti dall'IA risulta necessaria per poter affrontare al meglio delle scelte spesso molto

rischiose.

Non basta però pensare solo ai benefici che potrebbe introdurre l'IA nel mondo del lavoro per spiegarne la diffusione così rapida, infatti sono tre i principali fattori che hanno determinato la corsa alla deposizione di numerosi brevetti sull'IA nei diversi patent office in tutto il mondo.

In primo luogo, il **calo dei costi di elaborazione** ha portato ad un'esplosione della potenza di calcolo installata e della capacità di archiviazione. Inoltre, **lo sviluppo e l'adozione diffusa di internet e di altre forme di comunicazione digitale** ha portato ad un aumento significativo dell'offerta e dell'archiviazione di informazioni digitali che consentono il confronto e l'analisi statistica di enormi quantità di dati, necessari per sviluppare strumenti basati sui principi dell'IA. Infine, **il calo dei costi di capitale per le tecnologie digitali** ha notevolmente abbassato le barriere all'ingresso per le start-up, rendendo meno necessario rispetto al passato mobilitare enormi quantità di capitale per avviare una nuova impresa e rendendo quindi lo sviluppo di nuove tecnologie molto meno costoso [Ernst et al. (2019), Haney (2020a)].

L'unione di questi fattori ha accelerato quindi lo sviluppo degli strumenti di IA che possono essere poi adottati dalle aziende, ma ciò comporterà ovviamente la scelta di sostituzione dell'uomo con la macchina. Perché i manager sarebbero incentivati verso tale direzione?

Oltre al fatto che il costo dei computer nel corso del tempo è molto diminuito, le macchine hanno un vantaggio competitivo rispetto al lavoro umano per varie ragioni [Haney (2020a)]:

- quando c'è un problema può essere facilmente specificato;
- i criteri per il successo sono quantificabili e misurabili e possono essere sviluppati dal computer stesso;
- le macchine hanno la capacità di lavorare 24h su 24 e 7 giorni su 7, non richiedono giorni di malattie, nè indennità sul lavoro;
- c'è un'alta scalabilità dell'IA rispetto al lavoro umano;
- i software sono caratterizzati dall'assenza di pregiudizi umani;
- un lavoro altamente specializzato a ciascun livello della supply chain che opera attraverso processi automatizzati consente una produzione di beni e servizi a livelli di qualità e quantità costanti [Ernst et al. (2019)];
- le nuove tecnologie basate sull'IA riducono i costi e quindi le imprese possono aumentare gli output, questo genera un aumento della domanda di lavoro derivante da attività non automatizzate [Acemoglu & Restrepo (2020)].

Ciò che invece potrebbe frenare i manager nell'introduzione di queste nuove tecnologie potrebbero essere gli alti costi necessari per formare il personale, a causa della mancanza di esperienza nel lavorare con questi nuovi strumenti [Polusmakova & Glushchenko (2020)]. Ma questo sarebbe solo uno stallo iniziale, in quanto tutte le aziende saranno costrette a fare questo passo per non perdere il proprio vantaggio competitivo sul mercato.

2.2 Effetti sull'occupazione derivanti dall'adozione dell'IA nelle imprese

2.2.1 Polarizzazione del lavoro

Negli ultimi decenni il cambiamento tecnologico ha avviato un processo di mutamento delle professioni, che l'introduzione dell'IA ha amplificato e che ha avuto un impatto sull'occupazione diverso da quello che ci si poteva aspettare. Questo fenomeno prende il nome di **polarizzazione del lavoro** ed è stato per la prima volta introdotto da Autor (2015). Descrivendo le variazioni percentuali nell'occupazione per decennio per gli anni 1979-2012 per dieci grandi gruppi professionali comprendenti tutta l'occupazione non agricola degli Stati Uniti, egli ha dimostrato come la rapida crescita dell'occupazione nei lavori ad alta e bassa competenza ha sostanzialmente ridotto la quota di occupazione rappresentata dai lavoratori a media competenza.

Questo fenomeno è spiegato principalmente dal fatto che i lavori a media competenza sono caratterizzati da mansioni più routinarie e quindi maggiormente automatizzabili, si parla infatti di Routine-biased technological change [Autor et al. (2003)]. Tale teoria chiarifica come quello che comporta la sostituibilità delle mansioni da un computer o da una macchina avanzata non è il tipo di competenze che sono richieste, ma è la quantità di routine che esse comprendono.

Come è possibile vedere dalla fig. 2.1 le professioni caratterizzate da mansioni routinarie nel tempo tendono sempre di più a scomparire, mentre quelle caratterizzate da attività non routinarie, che siano esse cognitive (tipiche dei lavoratori ad alta competenza) o non cognitive (tipiche dei lavoratori a bassa competenza) tendono ad aumentare.

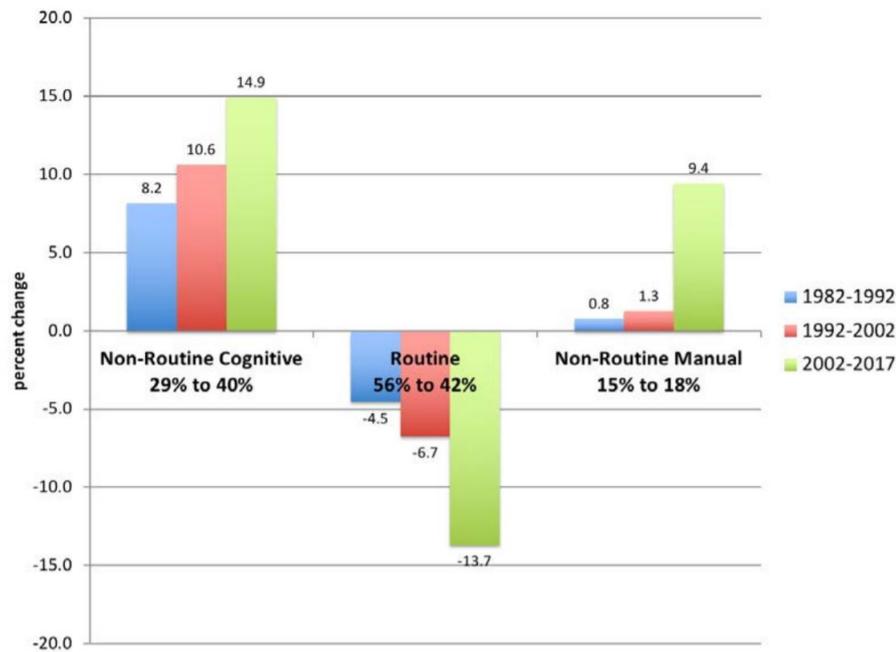


Figura 2.1. Polarizzazione del lavoro [Nir Jaimovich & Siu (2020)]

In un report, Manyika et al. (2017) ha affermato che per il 60% delle professioni la quota di mansioni che può essere affidata alle macchine è non meno del 30%, per cui tutte le occupazioni hanno un certo potenziale di automazione, alcune sono interamente automatizzabili e altre solo parzialmente. La sopravvivenza delle task che non sono automatizzabili e che impediscono alle macchine di sostituire completamente l'uomo in azienda è dovuta al fatto che ci sono delle attività in cui la presenza del lavoratore è fondamentale per la loro buona riuscita, come ad esempio i lavori che richiedono decisioni complesse, le attività creative e i lavori che richiedono comunicazione. Ecco quindi spiegato perché la diffusione della tecnologia non segue una funzione monotonamente crescente nel livello delle competenze, con una diminuzione della domanda di lavoro per i lavoratori che hanno basse competenze e ad un incremento della domanda per i lavoratori con alte competenze. Ci sono tuttora infatti professioni svolte da lavoratori a basse competenze in cui, ad esempio, la comunicazione con il cliente è fondamentale, per cui seppur alcune piccole mansioni vengono automatizzate, il lavoratore sarà comunque necessario per la riuscita dell'attività.

2.2.2 Effetto dell'automazione dell'attività di previsione

L'apprendimento automatico non rappresenta un aumento dell'intelligenza artificiale generale tale da sostituire le macchine per tutti gli aspetti della cognizione umana, ma piuttosto un aspetto particolare dell'intelligenza: la previsione (Agrawal et al. (2018a)). La previsione è molto importante, in quanto limita l'incertezza ed essendo un input del processo decisionale permette di fare delle scelte avendo un'idea delle conseguenze future di tali decisioni.

I progressi ottenuti nelle tecnologie di previsione possono influenzare il lavoro in quattro diversi modi [Agrawal et al. (2019)]:

1. l'IA può sostituire direttamente il capitale al lavoro nei compiti di previsione non solo nelle attività storicamente considerate di previsione. Infatti, molte attività vengono trasformate in attività orientate alla previsione man mano che l'apprendimento automatico migliora e il costo della previsione adeguato alla qualità diminuisce;
2. la previsione automatizzata, quando può aumentare i rendimenti relativi del capitale rispetto al lavoro in compiti decisionali complementari, può portare alla completa automazione di un compito decisionale complementare;
3. l'automazione del compito di previsione, in alcuni casi, può non avere alcun impatto sulla produttività del capitale che svolge un compito complementare, ma può aumentarne la produttività del lavoro, consentendo ai lavoratori di prendere decisioni che riducono gli errori e migliorano i guadagni;
4. la previsione automatizzata, quando riduce sufficientemente l'incertezza, può consentire nuovi compiti che prima non esistevano. L'incertezza può rendere alcune attività economicamente irrealizzabili e quindi una minore incertezza può consentire nuove opportunità e nuovi compiti da implementare con un misto di capitale e lavoro.

Sempre secondo Agrawal et al. (2019) l'importanza relativa di queste forze dipenderà dal grado in cui le competenze fondamentali dei singoli lavoratori si basano sulla previsione. I lavoratori la cui abilità principale è qualcosa di diverso dalla previsione potrebbero scoprire che la previsione automatizzata aumenta il valore della loro occupazione. D'altra parte, i lavoratori la cui competenza principale è la previsione potrebbero scoprire che il valore della loro occupazione è diminuito.

Oltre agli effetti diretti relativi all'automazione dell'attività di previsione sopra citati, esistono anche degli effetti indiretti. Quando la previsione automatizzata porta a decisioni migliori, il lavoro può anche essere aumentato attraverso attività

che sono a monte o a valle del compito decisionale migliorato. Ad esempio, nel caso della scoperta dei farmaci, se la decisione su quali molecole testare è più efficiente, è probabile che aumenti la richiesta di manodopera per condurre i test necessari alla sperimentazione di nuovi farmaci.

2.2.3 Displacement effect e le forze di bilanciamento

L’intelligenza artificiale rappresenta uno dei pilastri della quarta rivoluzione industriale. Quando una nuova ondata tecnologica rivoluzionaria invade il mondo del lavoro si generano tre effetti, che però non si manifestano contemporaneamente [Ernst et al. (2019), Haney (2020a)]:

- **displacement effect**, ovvero inizialmente le nuove tecnologie portano ad una sostituzione diretta dei posti di lavoro e delle mansioni svolte dai lavoratori innalzando il tasso di disoccupazione;
- **skill complementarity effect**, per cui, dopo un periodo in cui l’occupazione è stata caratterizzata da un grande calo, vi è un aumento di lavori necessari ad utilizzare e supervisionare le nuove macchine;
- **productivity effect**, che come dice il nome stesso riguarda la produttività e in particolare, grazie ad un aumento della stessa, si genera un aumento della domanda dovuto sia ai prezzi più bassi che ad un aumento generale del reddito disponibile nell’economia.

Da questo si tenderebbe a pensare quindi che anche in questo caso, sebbene un primo momento di crisi occupazionale potrebbe colpire il mondo del lavoro, successivamente la creazione di nuove professioni potrebbe generare un surplus nell’economia rispetto allo stato attuale. Quello che preoccupa però in questo caso è che l’IA, oltre alle mansioni fisiche, tende a sostituire anche quelle mentali, cosa che fino alla scorsa rivoluzione industriale non era pensabile. Di conseguenza, professioni che potevano essere considerate salve, ora non lo sono più. È giusto pensare che anche quando le attività vengano automatizzate, i lavoratori potrebbero non scomparire del tutto. Infatti, piuttosto che eseguire un compito particolare, ad esempio, un dipendente potrebbe essere incaricato di garantire che la macchina svolga correttamente l’attività e di intervenire in caso di emergenza o errore. Il problema è che cambia comunque il tempo relativo trascorso su ogni singola attività, quindi il numero di impiegati in un’azienda si riduce.

Nel caso dell’adozione dell’intelligenza artificiale cercare di controbilanciare il displacement effect solo con gli altri due effetti sopra citati sarebbe un pò riduttivo, in quanto non sarebbero in grado di riuscire a restaurare una condizione di equilibrio. Secondo Acemoglu & Restrepo (2018) sono quattro, infatti, gli effetti

compensativi che possono bilanciare il displacement effect della quarta rivoluzione industriale:

1. **Effetto sulla produttività.** Questo effetto già sopra citato è generato dal fatto che l'automazione porta alla sostituzione del capitale con il lavoro, in quanto il capitale svolge alcuni compiti a un costo inferiore rispetto al lavoro. Ciò riduce i prezzi dei beni e servizi i cui processi di produzione vengono automatizzati, rendendo le famiglie effettivamente più ricche e aumentando la domanda di tutti i beni e servizi, compresi quelli che non sono caratterizzati da molta automazione. L'effetto sulla produttività però ha un limite perché non tutte le nuove tecnologie finora introdotte sul mercato, sebbene siano abbastanza produttive da essere adottate e causare spiazzamento, sono sufficientemente produttive da produrre potenti effetti sulla produttività [Acemoglu & Restrepo (2020)];
2. **Accumulazione di capitale.** L'accumulazione di capitale innescata da una maggiore automazione (che aumenta la domanda di capitale) aumenterà anche la domanda di lavoro;
3. **Approfondimento dell'automazione.** Questo effetto nasce dall'intuizione che non sempre i miglioramenti tecnologici aumentano la produttività di attività che erano in precedenza svolte dall'uomo, ma in alcuni casi anche di attività che in passato erano già state automatizzate. Di conseguenza non saranno effettuati ulteriori spostamenti, perché il lavoro era già stato sostituito dal capitale in quei compiti, ma verrà incrementato l'effetto della produttività, aumentando quindi la domanda di lavoro;
4. **Creazione di nuovi compiti.** La creazione di nuove attività deve essere un processo endogeno dipendente dall'automazione. In primo luogo perché, come sostenuto da Acemoglu & Restrepo (2016) l'automazione rapida può generare incentivi per le imprese a introdurre nuovi compiti ad alta intensità di lavoro. Infatti, l'automazione che precede la creazione di nuovi compiti riduce la quota di lavoro e possibilmente i salari, rendendo l'ulteriore automazione meno redditizia. Questo genera nuove opportunità di occupazione per il lavoro, che a questo punto risulta più redditizio per le imprese. In secondo luogo, alcune piattaforme tecnologiche di automazione, possono facilitare la creazione di nuovi compiti. Da un recente rapporto di Accenture è possibile individuare le tre categorie completamente nuove di posti di lavoro che stanno emergendo nelle aziende che utilizzano l'IA come parte del loro processo produttivo [Accenture PLC (2017)]:
 - "formatori" per formare i sistemi di intelligenza artificiale;

- "spiegatori" per comunicare e spiegare l'output dei sistemi di intelligenza artificiale ai clienti
- "sostenitori" per monitorare le prestazioni dei sistemi di intelligenza artificiale, inclusa la loro aderenza all'etica prevalente standard.

Secondo Acemoglu & Restrepo (2018) quest'ultima è la forza più potente per bilanciare il displacement effect. Ma seppur si tratta di una strada molto plausibile è, allo stesso tempo, un processo molto lungo e complesso. Ci vuole tempo perché i lavoratori trovino nuovi posti di lavoro e compiti in cui possano essere produttivi, e i periodi durante i quali i lavoratori vengono licenziati dai loro lavori esistenti possono creare un mercato del lavoro locale o nazionale depresso, aumentando ulteriormente i costi di adeguamento. Inoltre, in questa situazione, se il sistema educativo non sarà in grado di fornire le giuste competenze il bilanciamento sarà ancora di più ostacolato. L'assenza di competenze e abilità complementari alle nuove tecnologie non solo rallenta l'adeguamento dell'occupazione e dei salari, ma frena i potenziali guadagni di produttività.

Questo fa sì che il risultato dell'introduzione di queste nuove tecnologie sia una **maggior disuguaglianza** che si verrebbe a generare a seguito della creazione di nuovi posti di lavoro destinati solo a quella fascia della popolazione caratterizzata dalle giuste competenze. Si parla infatti di *paradosso dell'abbondanza*, secondo cui la "la società sarebbe complessivamente molto più ricca, ma per molti individui, comunità e regioni, il cambiamento tecnologico non farebbe che rafforzare le disuguaglianze" e non solo, anche diminuire i salari e la base imponibile. Le attività altamente automatizzabili in genere impiegano lavoratori con scarse o medie competenze, che difficilmente riescono a trovare un'immediata occupazione a rimpiazzo della precedente e il calo del loro impiego e dei salari tende a contribuire alla disuguaglianza [Acemoglu & Restrepo (2020)].

Inoltre, un uso sbagliato dell'IA, incentrato principalmente sull'automazione, tenderebbe a generare benefici per una parte ristretta della società che è già ricca e politicamente potente, caratterizzata da professionisti altamente qualificati e aziende il cui modello di business è incentrato sull'automazione e sui dati. Infatti, l'introduzione dell'IA riduce la quota di lavoro rispetto al capitale ed in questo modo aumenta i redditi relativi dei proprietari di capitali che tendono ad essere più ricchi a discapito di quelli che dipendono dal reddito di lavoro.

Ciò che preoccupa è il **degrado delle condizioni di lavoro** a causa del de-skilling del processo lavorativo, dell'implementazione della gestione algoritmica e dei problemi della privacy [Posada (2020)]. Quello che farà la differenza in questa situazione sarà l'azione dei governi, che dovranno essere attenti a questi effetti e proporre le giuste soluzioni per alleviare eventuali problemi che la diffusione dell'IA

potrebbe portare alla forza lavoro. Infatti, se l'automazione dei compiti porterà alla scomparsa di posti di lavoro è una questione tanto tecnologica quanto istituzionale e non può essere determinata a priori guardando al solo processo tecnologico [Ernst et al. (2019)]. Dipende anche dall'importanza che un'azienda attribuisce alla formazione dei propri dipendenti, alla loro supervisione o all'allineamento dei flussi di lavoro e da quanto velocemente e a quale costo un lavoratore può spostarsi all'interno del lavoro corrente per eseguire attività o serie di attività leggermente modificate.

In parte, ciò dipenderà anche dalle **caratteristiche del Paese** per quanto riguarda le infrastrutture di istruzione e formazione, incentivi fiscali e sistemi di assistenza sociale. I Paesi costituiti da un gran numero di lavoratori low-skilled affronteranno un'ampia sostituzione nei prossimi anni e saranno caratterizzati da lunghi periodi di formazione professionale delle persone per poter essere reinserite nel mondo del lavoro. Negli Stati in cui la maggior parte dei lavoratori è ad alta competenza ci sarà un livello relativamente più basso di sostituzione. Inoltre, nel caso in cui anche questi ultimi fossero colpiti da displacement effect, avendo delle conoscenze e competenze molto più elevate, potranno reinserirsi nel mondo del lavoro molto prima.

2.3 Il fenomeno del reshoring

Negli ultimi anni un altro fenomeno che ha caratterizzato il mondo del lavoro è quello del reshoring, ovvero un fenomeno economico che consiste nel rientro a casa delle aziende che in precedenza avevano spostato le proprie sedi in Paesi asiatici come Cina o Vietnam o in Paesi dell'Est Europa come Romania o Serbia, ovvero quei Paesi emergenti in cui il costo della manodopera era minore rispetto a quello locale.

Questo cambio di rotta è dovuto alla crescente automazione e alla digitalizzazione della produzione. Infatti, il modello Industry 4.0 rende il processo produttivo più flessibile ed efficiente a costi più bassi. Tecnologie come i Big Data analytics, l'Internet of Things, il cloud technology, l'intelligenza artificiale e la manifattura additiva permettono di automatizzare la produzione che diviene in grado di autogestirsi e possono erodere il vantaggio in termini di costo del lavoro nei Paesi emergenti. Ciò è dovuto al fatto che il costo legato alla mera produzione, grazie all'introduzione della tecnologia, rappresenterà solo una quota minore dei costi totali nella catena di produzione [Romani (2020)]. Macchinari, lavoratori, oggetti sono tutti connessi tra loro permettendo di eliminare varie fasi intermedie velocizzando così il processo di produzione e di monitorare più facilmente le varie attività. La

possibilità di utilizzare soluzioni basate su cloud ha ridotto il vantaggio di avere programmatori a basso costo nei paesi in via di sviluppo [Bottaro (2019)]. Infine, l'intelligenza artificiale garantisce una migliore gestione dei lavori fisici con orari più flessibili per i lavoratori, che divengono la figura centrale del processo produttivo [Slack et al. (2016)].

A sostegno di quanto espresso in precedenza, la Conferenza delle Nazioni Unite sul commercio e lo sviluppo [UNCTAD (2016)] sostiene che il vantaggio storico del costo del lavoro dei paesi a basso reddito potrebbe essere eroso dai robot se diventassero economici e facilmente sostituibili al lavoro. Questo effetto negativo potrebbe essere rafforzato dalla crescente qualità del lavoro nei paesi in via di sviluppo e dal conseguente aumento del costo del lavoro.

I costi non sono però l'unica variabile che viene presa in considerazione dalle aziende. Bisogna porre l'attenzione su diversi tipi di rischio e sull'aumento della volatilità della domanda, dei tassi di cambio o dei prezzi delle materie prime. Per non parlare poi di tutti gli altri vantaggi con una produzione caratterizzata dal *made-in*, come ad esempio una qualità superiore percepita dai clienti e una vicinanza che permette all'azienda di allinearsi ai bisogni specifici del proprio paese [Romani (2020)]. Inoltre, molte persone pensano che ritornare in patria significhi poter beneficiare di competenze molto più specializzate rispetto a quelle dei lavoratori in paesi terzi. Infine, questi movimenti potrebbero anche essere incentivati dai governi, sia perché aziende molto note si sono nel corso degli anni trasferite all'estero togliendo lustro al Paese d'origine, sia perché il ritorno delle aziende porterebbe ad un aumento del PIL nazionale. Non occorre infatti solo guardare al numero di imprese che aumentano all'interno del Paese e che possono accrescere il PIL, ma al fatto che queste imprese grazie all'IA diventano più efficienti e ciò potrebbe cambiare la domanda per le attività *upstream* e *downstream*, che sono all'interno dello Stato stesso.

2.4 Il modello piattaforma

Le piattaforme sono diventate fondamentali nella creazione dell'IA perché consentono una quantificazione del mondo naturale. Il processo di "platformizzazione" del lavoro prevede infatti la "penetrazione delle piattaforme nelle infrastrutture, nei processi economici e nei quadri di governo in diversi settori economici e sfere della vita" [Poell et al. (2019)] e consente quindi di sfruttare i dati necessari per i sistemi di IA riducendo al minimo i costi di produzione e sviluppo. La "platformizzazione" del lavoro infatti consente alle aziende di ridurre i costi di produzione esternalizzando lavori al di fuori del loro ambito di applicazione ad "appaltatori indipendenti" [Prassl (2018)] e di sfruttare poi i dati ottenuti per i propri scopi.

Ad esempio, lavoratori non riconosciuti e invisibili forniscono dati e fungono da supervisori per le tecnologie di apprendimento automatico [Dubal (2020)] e le piattaforme, grazie a questo lavoro, consentono agli algoritmi di fungere da manager e di sorvegliare e “analizzare” il comportamento dei lavoratori [Casilli & Posada (2019)]. Proprio per questo motivo il modello piattaforma costituisce il paradigma organizzativo primario per tutte le grandi multinazionali che sviluppano l'intelligenza artificiale [Casilli & Posada (2019)].

Un altro dei vantaggi dell'utilizzo della piattaforma è, fungendo da intermediario, la possibilità di impedire ai lavoratori di intraprendere azioni collettive [Wood et al. (2018)], cercando quindi in questo modo di indirizzare il mondo del lavoro verso principi etici e di lealtà che per molte multinazionali oggi sembrano venir meno, come dimostrato dal continuo intervenire dell'antitrust.

Ciò però non è sufficiente per risolvere il problema di equità, proprietà e relazioni di potere tra coloro che controllano questi sistemi automatizzati e i loro utenti. Ci sono molti modi in cui la tecnologia di IA può essere sviluppata come una tecnologia commerciale o di produzione, con applicazioni molto diverse. Ciò è molto importante perché implica che le conseguenze economiche e sociali delle tecnologie di intelligenza artificiale non sono preordinate ma dipendono da come decidiamo di avanzare e costruire su questa piattaforma [Acemoglu & Restrepo (2020)]. In caso di comportamenti scorretti della piattaforma perciò è difficile stabilirne le colpe, siano esse dell'informatico che ha scritto il codice, dell'azienda che ha acquistato la piattaforma, dell'impiegato o dell'utente finale.

Esiste infatti la "FairWork Foundation" un'organizzazione posizionata tra consumatori e aziende e modellata sul movimento del commercio equo e solidale. Essa valuta le piattaforme di lavoro digitale secondo i principi di retribuzione, condizioni, contratti, gestione e rappresentanza equi. I punteggi informano i lavoratori, i clienti e il pubblico in generale sulla qualità del lavoro in queste piattaforme, sperando che "le principali reti di produzione trasparenti possano portare a migliori condizioni di lavoro per i lavoratori digitali in tutto il mondo" [Graham & Woodcock (2018)].

Capitolo 3

IA & innovazione

3.1 L'IA favorisce l'innovazione

I rapidi progressi nel campo dell'intelligenza artificiale hanno il potenziale per influenzare l'economia e la società.

A dispetto di quello che si potrebbe pensare, però, l'IA non è stata da poco introdotta sul mercato, ma come ogni innovazione, dopo un primo successo dovuto alla novità del sistema e alla attività di marketing, ha anch'essa affrontato il cosiddetto fenomeno dell'hype. Infatti, le aspettative dei clienti erano molto più alte di quelle, che 60 anni fa, erano le reali performance dell'IA. Ciò era dovuto alla scarsa quantità di dati disponibili all'epoca. Dati che come sostenuto da Soni et al. (2019) costituiscono il carburante per un sistema basato sull'IA. Negli ultimi anni infatti l'accessibilità dei sensori a basso costo e bassa potenza e la possibilità di combinare dati provenienti da più sensori hanno portato alla generazione di una grande quantità di dati e quindi al successo dell'IA. I big data sono caratterizzati dalle "3V", ovvero [Motohashi (2018)]:

- *Volume*, per la loro grande dimensione dei dati;
- *Varietà*, per la possibilità di "datificazione" di varie informazioni tra cui testo, immagini e audio;
- *Velocità*, per il flusso giornaliero continuo di dati da Internet e sensori.

Non sono solo i dati, però, l'unico motore di questi nuovi sistemi, tale diffusione è infatti dovuta anche alla disponibilità di acceleratori hardware, quali unità di elaborazione grafica (GPU) e unità di elaborazione tensoriale (TPU) [Abadi et al. (2016), Goodfellow et al. (2016)].

L'aumento della popolarità dell'IA ha portato ad un'espansione degli investimenti, tanto che, secondo Fitzgerald et al. (2017) dell'International Data Corporation, la spesa mondiale per i sistemi cognitivi e di IA aumenterà da \$12 miliardi nel 2017 a circa \$58 miliardi nel 2021.

Questa crescita dell'interesse nei confronti dell'IA, non è dovuta solo all'aumento di produttività e alla riduzione dei costi introdotti da questi sistemi, ma anche alla loro predisposizione a favorire l'innovazione delle aziende stesse. L'innovazione continua viene infatti vista come una fonte di vantaggio competitivo e perciò tutte le aziende cercano sempre di introdurre qualcosa di nuovo sul mercato per soddisfare i bisogni già esistenti dei clienti o indurne dei nuovi.

Sono tanti i motivi per cui l'IA tende a facilitare l'innovazione, tra questi nei seguenti paragrafi saranno discussi i più importanti.

3.1.1 L'IA sposta l'uomo verso i lavori cognitivi e aumenta le competenze di mercato

Come è stato più volte detto, l'effetto primario che l'IA ha sul mondo del lavoro è quello di sostituire l'uomo nei lavori routinari. Se questa sostituzione potrebbe sembrare negativa, in quanto porta alla perdita di posti di lavoro, dal punto di vista dell'innovazione è invece un fattore positivo.

Le attività di routine e manuali eseguite in modo ripetitivo e abituale non motivano i dipendenti a generare idee e di conseguenza il loro contributo alla propensione all'innovazione è neutro [Fonseca et al. (2019)]. Sempre secondo Fonseca et al. (2019) sono i dipendenti che svolgono attività astratte che sono concentrati in compiti analitici cognitivi, tra i quali quello di pensare in modo creativo. Pertanto, con l'introduzione dei sistemi di IA all'interno delle aziende, alcune di quelle persone che prima svolgevano attività routinarie potranno spostarsi verso compiti più astratti che favoriscono la generazione di nuove idee e quindi l'innovazione dell'impresa stessa.

In questo modo è possibile massimizzare la propensione di un'azienda a sviluppare prodotti nuovi, ma per un'azienda questo non è sufficiente. Non basta infatti generare n prodotti nuovi per massimizzare le performance dell'innovazione, ma è necessario tradurre in ricavi gli investimenti effettuati nell'attività di innovazione, ovvero è necessario che il nuovo prodotto/servizio abbia successo sul mercato.

Ciò è possibile solo se all'interno dell'impresa vi è un equilibrio tra compiti astratti, come la pianificazione e l'adattamento dei prodotti al mercato, e non, quali lo screening del mercato e le attività di vendita. Vi deve essere quindi un bilanciamento tra questi due tipi di attività, affinché l'innovazione venga massimizzata. Bilanciamento che si può raggiungere anche attraverso il giusto equilibrio tra uomo e macchina. Se l'uomo aumenta la possibilità di generare nuove idee, le macchine

si occupano di quei compiti più routinari, ma che allo stesso tempo, grazie all'uso dell'IA, aumentano le competenze e le capacità dell'impresa stessa.

Questo è possibile grazie alla rapidità, introdotta con questi sistemi, di analizzare i dati che provengono dai clienti. Un'attività che da sempre è stata fatta nel campo del marketing, ma che ora è molto più veloce e permette di rispondere in maniera immediata alle esigenze dei clienti.

Basti pensare al nuovo modo di interazione con il cliente che passa da "uomo a uomo" a "uomo a macchina". Esistono ora, infatti, degli assistenti virtuali che sono in grado di condurre una conversazione simile a quella umana, eliminando ritardi, errori umani, fornendo risposte personalizzate e quasi immediate ai clienti [Soni et al. (2019)]. Questo è solo uno dei modi in cui l'IA permette alle imprese di restare sempre in contatto con il cliente, infatti, grazie alle analisi del comportamento dei clienti e dei continui feedback lasciati da questi ultimi, le aziende hanno a disposizione moltissimi dati da poter utilizzare per migliorarsi continuamente e mantenere il proprio vantaggio competitivo sul mercato.

3.1.2 Miglioramento del processo di innovazione per analogia

Innovazione non significa solo avere un'idea innovativa e portarla sul mercato per dare vita ad un nuovo prodotto, spesso per restare al passo con i tempi basta anche introdurre delle innovazioni incrementali su un prodotto già esistente.

É in questi casi che il processo di innovazione per analogia può essere molto utile. Si tratta di un fenomeno secondo il quale per risolvere un problema o aggiungere una funzionalità ad un prodotto, ci si può guardare intorno, andando ad esplorare domini che sono del tutto diversi dal prodotto in esame, come ad esempio nel caso della Biomimicry che sfrutta la natura come fonte di ispirazione per la generazione di alcuni concept. Esiste, ad esempio, un sito chiamato Ask Nature, al cui interno è presente una libreria di soluzioni che la natura genera e di soluzioni che sono state già matchate con delle possibili funzioni e aspetti funzionali. Per cui un progettista che voglia trovare ispirazione può sia digitare una funzione, sia una soluzione progettuale e viene indirizzato ad alcuni elementi di commonality tra problemi diversi della natura e funzioni risolte.

Quello sopra citato è solo un esempio di come funziona il processo di innovazione per analogia. Ovviamente non esiste un unico "sito" da cui poter trarre ispirazione, quindi le alternative da vagliare prima di trovare una soluzione sono tante e spesso è difficile riuscire ad astrarre una particolare soluzione utilizzata in un prodotto e utilizzare lo stesso principio nella propria creazione che differisce sia per funzioni che per forma.

Esiste a tal proposito uno studio di Kittura et al. (2018) secondo cui questo tipo di

processo innovativo è favorito dalla presenza di più persone che si occupano di fasi diverse dell'evoluzione dell'innovazione, per risolvere le tre barriere fondamentali all'innovazione analogica, quali:

- la *fissazione*, ovvero i progettisti non riescono a recuperare analoghi rilevanti da altri domini perché sono fissati sulle caratteristiche superficiali del loro problema sorgente;
- la *scalabilità*, dovuta al fatto che oggi sono facilmente disponibili più fonti di potenziali analogie che mai: milioni di brevetti, documenti di ricerca, video, prodotti, pagine web e altro ancora;
- la *complessità*, derivante dall'esplorazione di problemi del mondo reale sempre più complesso, che non coinvolgono solo un singolo schema analogico, ma implicano schemi multipli, spesso in conflitto.

L'adozione di più persone è essenziale, in quanto la suddivisione del processo in fasi consente di dividere le persone che sviluppano schemi del problema originale, da coloro che trovano ispirazione e risolvono il problema per superare la fissazione, ma non solo, permette anche di sfruttare i punti di forza di ciascun agente e al contempo aumentare il numero di potenziali analogie trovate.

Kittura et al. (2018) sostiene, però, che per affrontare tali sfide, soprattutto le ultime 2, la presenza di più uomini non è comunque sufficiente, in quanto, sebbene essi siano ineguagliabili nella loro capacità di indurre e applicare schemi relazionali profondi da dati non strutturati del mondo reale, sono limitati nelle loro capacità di cercare in enormi archivi di potenziali analoghi. Proprio per questo il coinvolgimento dell'IA nel processo aggiunge vantaggi complementari, eseguendo un primo passaggio di selezione attraverso vasti archivi contenenti milioni di dati e derivanti da altrettanti fonti e dando all'uomo gli strumenti adatti per proseguire nel processo e scegliere la soluzione più adatta per il proprio prodotto.

3.1.3 IA: l'invenzione di un metodo per inventare

Mentre alcune applicazioni dell'IA saranno utilizzate per ridurre i costi in input o per aumentare la qualità dei processi di produzioni esistenti, altre come il "Deep Learning" o "Apprendimento Profondo" offrono cambiamenti nella natura stessa del processo di innovazione [Cockburn et al. (2018)].

A tal proposito è necessario fare una distinzione tra due tipologie di innovazioni di IA:

- **General-Purpose Technology (GPT)**, ovvero quando un'innovazione ha il potenziale per migliorare significativamente la produttività o la qualità in un ampio numero di campi o settori.

- **Invention of a method of invention (IMI)**, tale per cui l'apprendimento basato sull'intelligenza artificiale può essere in grado di automatizzare sostanzialmente la scoperta in molti domini in cui le attività di previsione e classificazione svolgono un ruolo importante. Non solo, grazie agli IMI è possibile espandere il proprio ventaglio di conoscenze e strategie, affrontando in modo fattibile una serie di problemi che prima per l'uomo erano irrisolvibili e alterando quindi gli approcci concettuali e la definizione dei problemi delle comunità scientifiche e tecniche.

Nella tabella 3.1 è possibile vedere come sono classificate, in relazione a queste definizioni, alcune delle innovazioni dell'IA. Come si evince da tale tassonomia il Deep Learning è classificabile sia come IMI che come GPT, in quanto è uno strumento enormemente potente che consente la previsione accurata di fenomeni tecnici e comportamentali anche su grandi pool di dati non strutturati.

Tabella 3.1. Classificazione delle tecnologie di IA [Cockburn et al. (2018)]

		GPT	
		NO	SI
IMI	NO	Robot Industriali	Robot "Sense & React"
	SI	Strumenti algoritmici di codici statistici	Deep Learning

Si può quindi definire il Deep Learning come un "IMI Generico" che probabilmente avrà conseguenza economiche, sociali e tecnologiche molto significative a lungo termine. La conseguente esplosione di opportunità tecnologiche e l'aumento di produttività della ricerca e sviluppo sembrano suscitare una crescita economica che può eclissare qualsiasi impatto a breve termine dell'IA su posti di lavoro, organizzazioni e produttività. Sarà quindi importante sviluppare istituzioni e un contesto politico che permetta di migliorare l'innovazione attraverso questo approccio, facendo in modo che promuova allo stesso tempo la concorrenza e il benessere sociale[Cockburn et al. (2018)].

3.2 Fattori che rallentano l'innovazione

Come sostenuto nel paragrafo precedente molte delle innovazioni di IA possono essere classificate come GPT. Se questo da un lato è positivo perché permette di sfruttare una stessa tecnologia in più campi anche molto distanti tra loro, dall'altro può invece essere un fattore che rallenta l'innovazione. Questo perché come

dimostrato da Bresnahan (1992), **la presenza di una tecnologia GPT dà luogo ad esternalità sia verticali che orizzontali nel processo di innovazione che possono portare non solo a sottoinvestimenti, ma anche a distorsioni nella direzione degli investimenti.** Ciò deriva dal fatto che è difficile fornire all'innovazione gli incentivi appropriati quando questa ha il potenziale per guidare il cambiamento tecnologico e organizzativo attraverso un ampio numero di applicazioni distinte. Infatti, se ci sono complementarità dell'innovazione tra la tecnologia GPT e vari settori di innovazione, la mancanza di incentivi in un settore può creare un'esternalità indiretta che si traduce in una riduzione a livello di sistema degli investimenti innovativi [Cockburn et al. (2018)].

È quindi necessario un coordinamento tra il GPT e i vari settori di applicazione affinché l'investimenti nell'innovazione siano massimi e quindi questa non venga rallentata.

Non è solo questo l'unico elemento che può portare ad un rallentamento dell'innovazione. Come sottolineato da Scotchmer (1991), fornire incentivi appropriati per un innovatore a monte che sviluppa solo il primo "stadio" di un'innovazione (come uno strumento di ricerca ed in questo caso gli IMI) può essere particolarmente problematico quando la contrattazione è imperfetta e l'applicazione ultima dei nuovi prodotti, il cui sviluppo è consentito dall'innovazione a monte, è incerta. La mancanza di incentivi per l'innovazione in fase iniziale può quindi significare che gli strumenti necessari per l'innovazione successiva non vengono nemmeno inventati; forti diritti di proprietà nella fase iniziale invece senza adeguate opportunità di appalto possono comportare un "rallentamento" per gli innovatori della fase successiva e quindi ridurre l'impatto finale dello strumento di ricerca in termini di applicazione commerciale. Questo problema fa sì che le ricadute intertemporali dagli innovatori di oggi agli innovatori di domani non possono essere facilmente catturate e vi è quindi un **problema di appropriazione dei benefici derivanti dalle proprie innovazioni**: mentre gli innovatori di domani traggono vantaggio dallo "stare sulle spalle dei giganti", i loro guadagni non sono facilmente condivisi con i loro predecessori[Cockburn et al. (2018)].

È compito delle istituzioni pubbliche trovare il giusto modo di fornire incentivi agli innovatori, che altrimenti sarebbero sempre meno incoraggiati a sviluppare nuove idee e a far progredire il mondo della scienza.

In aggiunta, le **barriere all'ingresso imposte dagli incumbent**, che tendono a mantenere i dati privatamente, per mantenere il proprio vantaggio competitivo, non fanno altro che rallentare il cambiamento tecnologico. I new entrant fanno infatti fatica a reperire dati su cui poter sviluppare i propri algoritmi IA e di conseguenza il tempo per immettere delle innovazioni sul mercato si accresce. Inoltre, la volontà di non voler condividere i propri dati porta ad una duplicazione

degli sforzi per ottenere dati simili da parte delle aziende all'interno del medesimo settore, che comporta anche da parte degli stessi incumbent un rallentamento dell'attività innovativa. Tutto ciò nella speranza di arrivare per primi ed instaurare un vantaggio innovativo significativo e persistente attraverso il loro controllo sui dati che è indipendente dalle tradizionali economie di scala o dagli effetti di rete sul lato della domanda [Cockburn et al. (2018)].

A tal proposito saranno essenziali delle politiche open source che favoriscano la condivisione dei dati ed incoraggino la concorrenza per evitare la creazione di monopoli in questi ambienti che potrebbero essere dannosi per l'economia.

Oltre a ciò, un ulteriore problema circa la diffusione dell'innovazione derivante da questi sistemi è dovuta ad una **concentrazione geografica in poche aree**. Da uno studio di Soni et al. (2019) emerge infatti che su un totale di 196 Paesi nel mondo, le start-up di IA nel 2017 e nel 2018 si trovavano solo in 13 Paesi, ovvero solo nel 6,6% dei Paesi della terra. Tra l'altro di questi tredici, sono solo 30 stati che stanno guidando questa rivoluzione IA.

Perciò il talento dell'IA è limitato solo a poche regioni del mondo, creando una disuguaglianza nei settori economici, culturali e sociali, ma non solo riducendo anche la possibilità di sfruttare menti provenienti da tutto il mondo che potrebbero dare un contributo importante all'innovazione.

Infine, un punto su cui prestare grande attenzione è la **difficoltà di brevetazione** per questi strumenti di ricerca (IMI), provocando lunghi periodi di incertezza. Il Deep Learning infatti comporta delle difficoltà nel momento in cui bisogna decidere se rilasciare un brevetto o meno, in quanto l'attuale legislazione ruota attorno all'idea di autori e inventori creativi, che presentano particolari diritti per il ruolo occupato rispetto alla proprietà e al controllo dell'innovazione [Cockburn et al. (2018)]. Bisogna quindi capire chi è il vero proprietario della nuova invenzione: sarà lo sviluppatore del sistema IA? Il proprietario del sistema IA? La macchina stessa? A queste domande non è ancora stata data una risposta e ciò porta quindi ad un rallentamento dell'innovazione e dell'utilizzo di questi strumenti nel settore ricerca e sviluppo.

Per affrontare tutti i fattori sopra elencati il ruolo delle istituzioni sarà fondamentale, perché solo grazie al loro operato i sistemi IA potranno essere efficientemente regolamentati ed incentivati, così da essere ampiamente utilizzati dalle imprese, che altrimenti potrebbero presentare delle remore dovute alle numerose incertezze che ruotano attorno a questi sistemi.

3.3 Innovazione del Business Model

Gli algoritmi di IA stanno portando ad una vera e propria trasformazione tecnologica nel mercato globale. Proprio per questo, molte aziende si vedono costrette a passare a questi sistemi per non perdere il loro vantaggio competitivo acquisito nel corso degli anni. Alcune di esse, però, non hanno le competenze per utilizzare questi sistemi, perciò vi è una vera e propria corsa all'acquisizione di start-up basate sull'IA. Secondo un'analisi di CB Insights, il numero di acquisizioni di start-up IA è aumentato del 422% dal 2013 al 2017 [Soni et al. (2019)]. Start-up che, secondo uno studio di Soni et al. (2019), tra il 2017 e il 2018 le startup erano principalmente concentrate in 8 settori: sanità, sicurezza informatica, business intelligence, marketing e vendite, veicoli autonomi, servizi finanziari, Internet Of Things e robotica.

L'acquisizione di star-up non è però sufficiente per implementare in maniera efficiente i sistemi IA all'interno delle aziende. Infatti, molte aziende non percepiscono guadagni di business quando implementano applicazioni IA. Questo è stato dimostrato da Ransbotham et al. (2019), il quale ha riportato che, sebbene il 90% degli intervistati ha rivelato che l'IA offre opportunità per l'azienda, il 40% ha riferito che investimenti significativi non hanno portato a guadagni aziendali. Ciò è dovuto al fatto che, nel momento in cui l'IA viene introdotto all'interno dell'azienda, le strutture aziendali vengono modificate, quindi è necessario riconfigurare il Business Model aziendale. Si parla a questo proposito di *Innovazione del Business Model (BMI)*, ovvero di un cambiamento significativo nelle operazioni dell'azienda e nella creazione di valore, che di solito si traduce in un miglioramento delle prestazioni dell'azienda [Gassmann et al. (2017)].

Ciò non è semplice in quanto tutte le imprese sono caratterizzate da routine organizzative e processi aziendali che sono difficili da sradicare, per questo motivo Reim et al. (2020) ha redatto una roadmap per l'implementazione nel Business Model dell'intelligenza artificiale.

3.3.1 Roadmap per l'innovazione del Business Model

Affinché l'IA venga implementata con successo all'interno dei Business Model aziendali sono necessari quattro step che saranno di seguito elencati:

1. *Comprendere l'IA e le capacità organizzative necessarie per la trasformazione digitale.*

Occorre comprendere le potenzialità dell'IA e valutare le opportunità per digitalizzare i processi analogici e consentire una raccolta dati completa. Ciò è necessario per mitigare i rischi futuri associati ai fenomeni di "garbage-in, garbage-out". Non basta, infatti avere numerosi dati, ma la qualità dei dati è

importante, altrimenti così come i dati in entrata saranno scadenti, lo saranno anche le previsioni in uscita.

2. *Comprendere il Business Model attuale, il potenziale BMI e il ruolo dell'ecosistema aziendale*

È essenziale comprendere come il valore viene attualmente creato, acquisito e fornito e quali sono le attuali relazioni con i clienti per comprendere meglio come i processi tecnologici possono migliorare la soddisfazione del cliente. Inoltre, le trasformazioni digitali dipendono raramente dalle singole imprese, ma piuttosto da reti di imprese che collaborano con uno scopo comune. Pertanto, è fondamentale per l'azienda capire la sua posizione nell'ecosistema, quali sono le competenze e le capacità proprie e delle aziende circostanti e come contribuisce all'offerta finale.

3. *Sviluppare e perfezionare le capacità necessarie per implementare l'intelligenza artificiale*

È necessario aumentare la consapevolezza che consentirà ulteriormente lo sviluppo di capacità su misura per quanto riguarda il mercato esterno. Le aziende possono decidere di intraprendere due diverse strategie durante la trasformazione delle imprese: il ruolo di primo sviluppatore o primo follower. Le attività di benchmarking e la valutazione delle aziende circostanti possono essere eseguite per ispirare lo sviluppo di soluzioni sia tecniche che strategiche.

4. *Raggiungere l'accettazione dell'organizzazione e sviluppare le competenze interne*

Affinché questa fase sia di successo, i manager delle aziende devono seguire i seguenti punti [Lee et al. (2019)]:

- (a) Eseguire progetti pilota. All'inizio dell'uso dell'IA, un'azienda ha bisogno di progetti pilota che abbiano successo per consentire ai dipendenti di acquisire familiarità con la tecnologia di intelligenza artificiale, riconoscere che ciò non significa la perdita del proprio posto di lavoro e generare entusiasmo per l'uso dell'IA. È importante mettere a disposizione di tutti i dipendenti informazioni che spieghino il perché e il come dei progetti pilota in un linguaggio comprensibile.
- (b) Creare un team IA interno. Se le aziende desiderano creare un vantaggio competitivo più esclusivo è consigliabile la creazione di un team IA interno, ma le piccole e medie imprese o le nuove startup spesso non possono permettersi di assumere un numero significativo di ricercatori e data scientist di intelligenza artificiale, quindi potrebbero aver bisogno di esternalizzare l'IA a un'altra società o formare una joint venture con un'azienda di intelligenza artificiale per ottenere le competenze necessarie.

- (c) Fornire un'ampia formazione sull'IA. A causa di una carenza di esperti nel campo dell'IA, è difficile inserire le competenze necessarie solo attraverso l'assunzione di nuovo personale, proprio per questo è necessario istruire i propri dipendenti. Un modo efficiente per fare ciò è l'utilizzo di contenuti digitali, in quanto sono relativamente convenienti e consentono un'esperienza più personalizzata, in modo che possa essere applicato anche nelle piccole e medie imprese.
- (d) Sviluppare una strategia di IA. La strategia di IA è basata sul cosiddetto circolo virtuoso dell'IA, secondo cui molti dati di qualità permettono di avere un buon prodotto, che a sua volta è acquistato da più utenti, che quindi generano ancor più dati e il ciclo si ripete. Tutto ciò deve essere basato sull'utilizzo di un'infrastruttura digitale che permetta di gestire e analizzare questi dati nel modo più veloce ed efficiente possibile.

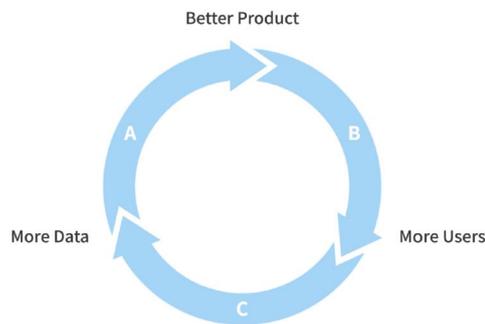


Figura 3.1. Circolo virtuoso dell'IA [Lee et al. (2019)]

Una strategia basata solo sui dati non è sufficiente, in quanto seppur il prodotto è di successo, ma gli stakeholder non ne capiscono il valore, non farà molta strada. Gli stakeholder devono quindi essere informati ed educati su come l'IA sta trasformando il modello di business e sulle conseguenze che ciò ha per loro, compresi eventuali svantaggi o limitazioni, come ad esempio i rischi associati alla sicurezza informatica. In questo modo, le innovazioni del modello di business sviluppate attraverso l'uso dell'IA aumenteranno il valore dell'azienda per gli azionisti e offriranno opportunità per aumentare il valore per i clienti.

Non tutte le aziende sono uguali, quindi è impensabile fornire dei passi dettagliati da dover seguire per implementare con successo l'IA, ma ciascuna impresa, acquisendo piena consapevolezza delle proprie competenze e capacità e seguendo queste linee guida, può essere in grado di ottenere un BMI efficiente e trarre maggiori guadagni introducendo l'IA nel proprio modello di Business.

3.4 Diffusione dell’IA in Italia

Rispetto al resto del mondo, l’Italia non è il Paese con la maggior diffusione di sistemi IA. Nonostante ciò negli ultimi anni ha intrapreso un percorso di adozione e sviluppo di queste tecnologia, tanto che nel 2018 è stata effettuata una spesa di circa 85 milioni di Euro per lo sviluppo di algoritmi di intelligenza artificiale [Perego et al. (2019)] e nel 2019 il mercato (tra software, hardware e servizi) ha raggiunto un valore 200 milioni di Euro, di cui il 78% commissionato da imprese italiane e il 22% come export [Redazione ANSA (2020)].

Secondo uno studio effettuato dal Politecnico di Milano, su un campione di 151 grandi aziende operanti in Italia, il 12% delle imprese intervistate ha un progetto di IA in corso, mentre quasi la metà non si è ancora mossa ma sta per farlo. Di quest’ultimi l’8% è in fase di implementazione, il 31% ha in corso dei progetti pilota e il 21% ha stanziato del budget per l’implementazione dell’IA.

Tra i settori attivi nell’introdurre soluzioni di intelligenza artificiale sono stati individuati in prima posizione il Banking con il 24% delle applicazioni, seguito da Energy, Resources & Utility con il 13%, da quello automobilistico con il 10%, caratterizzato soprattutto dallo sviluppo dei veicoli a guida autonoma, e infine dal Retail con il 9% delle applicazioni, con la disponibilità di servizi personalizzati e flessibili alla clientela.

Sempre secondo lo studio effettuato da Perego et al. (2019), la visione che le imprese hanno dell’intelligenza artificiale è ancora confusa, infatti la maggioranza (58%) la definisce come capace di emulare i processi cognitivi dell’essere umano, il 35% l’associa a un gruppo di tecniche come il machine learning, mentre solo il 14% ha compreso che l’IA si caratterizza per lo sviluppo di sistemi dotati di capacità tipiche dell’essere umano.

Ciò dipende anche dalle modalità, in tanti casi molto superficiali, con cui gli imprenditori hanno acquisito la conoscenza di questi strumenti: passaparola con colleghi (35%), testimonianze di altre aziende (29%), networking (28%), richieste dal mercato di riferimento (22%) e risalto mediatico (21%).

Poiché nel 12% delle aziende dei progetti di IA sono già in corso, è stato possibile valutare anche l’impatto che l’implementazione dell’IA ha avuto sul lavoro: il 33% delle aziende ha avuto la necessità di inserire professionisti dell’IA, mentre il 39% ha scelto di non modificare l’organico.

Da questi e anche altri dati è possibile affermare che, per ora, l’implementazione da parte delle imprese non ha favorito la sostituzione del lavoro umano. Infatti, secondo l’indagine, il 96% delle imprese che hanno già implementato soluzioni di IA non rileva effetti di sostituzione del lavoro umano da parte delle macchine, solo l’1% nota che ha eliminato alcuni posti di lavoro, mentre il 3% ha mitigato gli

effetti sui lavoratori coinvolti grazie a strumenti di protezione sociale. Secondo Redazione ANSA (2020) l'IA più che sostituire le capacità dell'uomo le sta aumentando, infatti secondo le stime del Politecnico di Milano il 48% delle imprese evidenzia che le soluzioni di IA adottate non hanno direttamente coinvolto attività svolte dalle persone, il 28% che le attività sostituite hanno permesso ai lavoratori di dedicarsi con maggiore dedizione a quelle rimanenti e il 24% che sono stati necessari ricollocamenti, anche parziali, dei lavoratori coinvolti.

Nel valutare il posizionamento delle organizzazioni nel percorso verso l'adozione di soluzioni di Intelligenza Artificiale, è stato possibile individuare sei profili di aziende [Redazione di criteo (2019)]:

1. il 45% sono "in ritardo", ovvero quelle che dispongono di un'infrastruttura per l'acquisizione dei dati, ma la loro qualità e quantità non sono ancora sufficienti per sviluppare un progetto di IA;
2. il 10% sono "entusiasti", in quanto sfruttano dati proprietari e si affidano a soluzioni standard offerte dal mercato;
3. il 23% sono "in cammino", poiché denotano buona capacità di dominare le metodologie di IA, una crescente attenzione all'organizzazione e alla cultura aziendale e fanno i primi sforzi per preparare il cliente a prodotti e servizi IA;
4. il 12% sono "apprendisti", imprese cioè che hanno investito per migliorare la qualità e quantità dei dati sfruttandoli per sviluppare algoritmi in modalità stand alone;
5. il 4% sono "organizzati", ovvero le imprese che invece hanno sviluppato maggiormente l'ambito organizzativo-culturale invece di quello tecnologico;
6. il 6% sono "avanguardisti", dato che sono le imprese più evolute, che si sono mosse prima e sono più avanti delle altre.

Nel complesso le aziende italiane non appaiono ancora mature, perciò per promuovere la diffusione dell'IA in Italia, il Ministero dello Sviluppo Economico ha pubblicato un documento intitolato "Proposte per una Strategia italiana per l'intelligenza artificiale", a seguito del lavoro svolto il lavoro da un gruppo di 30 esperti selezionati che hanno recepito le osservazioni pervenute dalla consultazione pubblica dell'anno precedente [De Agostini (2020)].

Con un investimento di circa 800 milioni di Euro in 5 anni, il piano è quello di [De Agostini (2020),Jacona (2020)]:

- sostenere la diffusione dell'IA nelle imprese attraverso aiuti economici,
- attuare piani di formazione dei lavoratori,

- inserire l'intelligenza artificiale tra le materie di studio,
- sostenere in particolar modo settori come manifattura e robotica, agrifood ed energia, aerospazio e difesa,
- creare un Istituto Italiano per l'Intelligenza artificiale, ovvero un organismo interministeriale che coordini gli sforzi di tutti.

Secondo il sottosegretario Mirella Liuzzi "l'obiettivo è quello di raccogliere i benefici che l'IA può apportare al Paese, con un approccio che integri tecnologia e sviluppo sostenibile e metta sempre al centro l'individuo e il suo contesto". Infatti un tema presente nel documento è la necessità di un coordinamento tra tutti gli stakeholder del settore in modo tale da attrarre i talenti e da poter distribuire i finanziamenti in modo equo, evitando gli sprechi [Jacona (2020)].

Capitolo 4

IA & policies

4.1 Attenzione della Commissione Europea sull'IA

Come è più volte emerso nei capitoli precedenti i sistemi di intelligenza artificiale possono avere un'influenza sui lavoratori in tanti modi. Sebbene però gli impatti siano molti e diversi, l'IA non dovrebbe influire negativamente sui diritti e sulle condizioni fondamentali dei lavoratori. Questi rapidi cambiamenti e la potenziale interruzione della forza lavoro suggeriscono che è importante che siano in atto politiche per sostenere i lavoratori e la riqualificazione.

La Commissione Europea non ha lasciato inosservato questo aspetto perciò negli anni ha pubblicato varie comunicazioni ufficiali, con l'obiettivo di promuovere la diffusione dell'IA rispettando allo stesso tempo i diritti fondamentali, compresi i diritti alle libertà di espressione e di riunione, la dignità umana, la non discriminazione fondata sul sesso, sulla razza, sull'origine etnica, sulla religione o sulle convinzioni personali, sulla disabilità, sull'età o sull'orientamento sessuale (ove applicabili in determinati settori), la protezione dei dati personali e della vita privata o il diritto a un ricorso giurisdizionale effettivo e a un giudice imparziale, nonché la tutela dei consumatori.

Tra questi documenti ritroviamo "Artificial Intelligence for Europe", "Ethics Guidelines for Trustworthy AI", "Building Trust in Human-Centric Artificial Intelligence" ed infine "A European approach to excellence and trust". Sono documenti che sono stati emanati progressivamente nel tempo e quindi molto collegati tra loro, quasi a voler richiamare di volta in volta una strategia già descritta e migliorarla sulla base delle nuove intuizioni del gruppo di esperti preposto allo studio del fenomeno dell'intelligenza artificiale. In queste comunicazioni viene infatti descritto un piano

che durerà fino al 2027 per promuovere lo sviluppo e l'utilizzo dell'intelligenza artificiale in Europa. Tale piano propone circa 70 azioni comuni per una cooperazione più stretta ed efficiente tra gli Stati membri e la Commissione in settori chiave quali la ricerca, gli investimenti, l'adozione da parte del mercato, le competenze e i talenti, i dati e la cooperazione internazionale. L'obiettivo è di massimizzare l'impatto degli investimenti in ricerca, innovazione e diffusione dell'IA, valutare le strategie nazionali in materia di IA, nonché sviluppare ed estendere il piano coordinato sull'IA in collaborazione con gli Stati membri [Commissione Europea (2020)]. Si ritiene, infatti, indispensabile istituire più centri di ricerca sull'IA che siano collegati tra loro in modo da:

- ridurre la ridondanza, ovvero evitare che ciascuno sviluppi la stessa cosa;
- sfruttare eventuali economie di scala, di scopo e di apprendimento riuscendo a cumulare i benefici di ciascun centro;
- coordinare meglio la distribuzione delle risorse;
- sfruttare sinergie e guidare al meglio le strategie.

Questo piano mira inoltre a far crescere la consapevolezza dell'IA a tutti i livelli di istruzione in modo da preparare i cittadini ad adoperare gli strumenti di IA in modo conscio. In aggiunta, in questo piano particolare attenzione è rivolta alle PMI, ritenendo che la diffusione al loro interno dell'IA sia indispensabile per accrescere l'innovazione degli stati membri.

Non solo, sono state emanate delle linee guida per promuovere un'IA affidabile, ovvero un IA:

1. **legale**, conforme a tutte le leggi e i regolamenti applicabili
2. **etica**, assicurando il rispetto dei principi e dei valori etici
3. **solida**, sia dal punto di vista tecnico che sociale poiché, anche con buone intenzioni, i sistemi di IA possono causare danni involontari.

Per far sì che questi elementi vengano soddisfatti, sono stati individuati sette requisiti che le applicazioni di IA dovrebbero soddisfare per essere considerate affidabili:

- **intervento e sorveglianza umani**, secondo cui la sorveglianza può essere effettuata mediante meccanismi di governance che garantiscano l'adozione di un approccio con intervento umano ("human-in-the-loop"), con supervisione umana ("human-on-the-loop") o con controllo umano ("human-incommand");
- **robustezza tecnica e sicurezza**, che può essere assicurata mediante decisioni accurate e risultati riproducibili;

- **riservatezza e governance dei dati**, per garantire la protezione dei dati in ogni fase del ciclo di vita del sistema di IA, controllando l’accesso e l’integrità degli stessi;
- **trasparenza**, assicurando la tracciabilità dei sistemi di IA e la spiegabilità del processo decisionale degli algoritmi;
- **diversità, non discriminazione ed equità**, attraverso la creazione di gruppi di progettazione diversificati e l’istituzione di meccanismi per garantire la partecipazione allo sviluppo dell’IA;
- **benessere sociale e ambientale**, incoraggiando la sostenibilità e la responsabilità ecologica sei sistemi di IA e ponendo particolare attenzione sull’impatto sociale dell’IA;
- **accountability**, promuovendo la verificabilità dei sistemi di IA.

Questi codici di condotta però sono utilizzati da società private o organizzazioni internazionali come strumenti di volontariato e di autoregolazione e pertanto non sono legalmente vincolanti [Biason (2018)]. Secondo Ponce Del Castillo (2020) affidarsi a linee guida volontarie per governare l’IA non è efficace e non garantisce un’adeguata protezione per i lavoratori. Proprio per questo si ritiene necessario un intervento maggiore da parte dei politici per cercare di regolare in maniera efficiente e legalmente vincolante questo fenomeno.

4.2 Aspetti da tenere in considerazione per l’emanazione di policies sull’IA

Molti autori ritengono indispensabile l’emanazione di vere e proprie leggi che regolino l’utilizzo dell’IA. La maggior parte credono che vista la sua rapida espansione queste policies debbano essere emanate quanto prima, ma ci sono anche delle forti argomentazioni contro l’introduzione di nuovi obblighi legali in questo momento [Reed (2018)].

In primo luogo, qualsiasi organo di regolamentazione ha bisogno di un funzionamento sul campo definito e di principi fondamentali sulla base dei quali elaborerà e applicherà la regolamentazione. Tali principi si baseranno sulla mitigazione dei rischi per la società creati dall’attività regolamentata. Fino a quando i rischi dell’IA non saranno noti, ciò non è realizzabile. In secondo luogo, i legislatori generalmente non hanno successo nella regolamentazione prospettica, in particolare nei campi tecnologici.

Indipendentemente dal momento in cui queste verranno introdotte, sono da tutti

ritenute necessarie per difendere i diritti dei lavoratori e non solo.

4.2.1 Privacy

Gli algoritmi di IA hanno bisogno di una grande mole di dati per fare previsioni su ciò che gli individui potrebbero desiderare. Questo genera problemi di privacy e necessita quindi di una regolamentazione adeguata seppur questa comporti delle limitazioni. Infatti una protezione della privacy insufficiente significa che i consumatori potrebbero non essere disposti a partecipare alle transazioni di mercato in cui i loro dati sono vulnerabili, ma troppe normative sulla privacy significano che le aziende non possono utilizzare i dati per innovare [Agrawal et al. (2018b)]. Se dal punto di vista dell'innovazione, la politica più ottimale per la privacy è quella più permissiva, allora i Paesi con politiche sulla privacy permissive possono sviluppare un vantaggio a breve termine. A questo proposito accordi commerciali potrebbero essere emanati per specificare standard internazionali di privacy, in modo da definire il ritmo e la direzione dell'innovazione, ma senza favorire nessun Paese in particolare [Agrawal et al. (2018b)].

Trovare il giusto compromesso non è l'unica sfida, in quanto come sostenuto da Tucker (2018), la gestione dei dati comporta altre tre minacce:

1. archiviazione dei dati significa che questi possono persistere più a lungo della persona che ha generato i dati previsti,
2. i dati possono essere riutilizzati per usi diversi da quelli originariamente previsti (concetto di non rivalità),
3. i dati creati da un individuo possono contenere informazioni su altri (concetto di esternalità). In questo caso si possono danneggiare delle persone anche se non sono consapevoli di come i propri dati vengano raccolti.

Un ulteriore problema per quanto riguarda la privacy è l'asimmetria informativa tra produttore e cliente. Infatti secondo Jin (2018) i venditori potrebbero avere più informazioni sull'utilizzo futuro dei dati rispetto agli utenti, provocando in questo modo una reticenza nella cessione dei propri dati. Dati che però talvolta potrebbero essere desunti dagli algoritmi attraverso il comportamento del consumatore, senza che lui si renda conto di fornire informazioni al sistema.

Siamo tutti consapevoli che è necessario rinunciare ad un pò della nostra privacy, per lo sviluppo dell'innovazione. Infatti, già in questo momento, con l'uso di smartphone dell'ultima generazione, i nostri dati vengono continuamente registrati. È però indispensabile porre dei limiti, in quanto ognuno ha il diritto di tenere

riservate le proprie informazioni più intime, che non devono essere nemmeno desunte dall’uso di algoritmi di apprendimento automatico.

4.2.2 Responsabilità e trasparenza dei sistemi di IA

Alcune caratteristiche delle nuove tecnologie, come la loro complessità, opacità e prevedibilità limitata, rendono difficile per le vittime fare richieste e l’assegnazione della responsabilità può essere ingiusta o inefficiente [Ponce Del Castillo (2020)]. Non solo, sebbene molte prove suggeriscano che le previsioni dell’intelligenza artificiale sono meno distorte di quelle umane, l’IA è addestrata sui dati generati dagli esseri umani e di conseguenza le sue previsioni perpetueranno i pregiudizi trasmessi nei dati [Hoffman et al. (2018)]. Lambrecht & Tucker (2018) mostrano che gli algoritmi possono essere distorti anche quando le aziende non lo intendono e i dati di formazione non sono distorti.

Una soluzione basata sull’IA potrebbe avere delle carenze e queste saranno meno accettabili se producono risposte sbagliate dove un essere umano avrebbe deciso correttamente [Reed (2018)]. È importante cercare di trovare il giusto equilibrio sulla responsabilità per la diffusione dell’IA, in quanto in assenza di chiare regole di responsabilità per i sistemi di IA, le aziende potrebbero non investire nella tecnologia. Se l’esito dei casi di illecito continua ad essere così incerto, le aziende potrebbero evitare di investire in innovazioni, anche vantaggiose, a causa degli eventuali pagamenti ingenti da sostenere [Agrawal et al. (2018b)].

Esiste già una regolamentazione sulla responsabilità oggettiva del prodotto, tale per cui il produttore o l’importatore di un prodotto è responsabile per lesioni personali o danni alla proprietà causati da un difetto in quel prodotto, ma i prodotti dotati di sistemi di IA hanno dimostrato di funzionare meglio rispetto a quelli in cui l’IA non è installato, per cui è difficile che rientrino nella definizione di difettosi ed è quindi improbabile che la responsabilità del prodotto sia di grande aiuto. Proprio per questo, la maggior parte dei campi di attività umana che potrebbero utilizzare l’IA non sarà soggetta a responsabilità oggettiva, ma si tratterà di *responsabilità per negligenza*. Però per valutare quest’ultima, i tribunali devono sapere come l’IA ha preso la sua decisione [Reed (2018)].

Ecco quindi che è necessario parlare di **trasparenza dei sistemi di IA**. È indispensabile perciò introdurre delle leggi che chiarifichino il livello di trasparenza richiesta dai sistemi di IA, ove per trasparenza si intende che questi ultimi devono fornire una spiegazione interpretabile, tale per cui gli esseri umani possano capirla. A questo proposito è importante fare una distinzione tra *trasparenza ex-ante*, in cui il processo decisionale può essere spiegato prima dell’utilizzo dell’IA, e *trasparenza*

ex-post, in cui il processo decisionale non è noto in anticipo, ma può essere scoperto in modo retrospettivo testando le prestazioni dell'IA nelle stesse circostanze. Di conseguenza, nel momento in cui vengono introdotte delle leggi sulla trasparenza dei sistemi di IA, bisogna anche chiarificare il tipo di trasparenza richiesta a seconda del tipo di sistema [Reed (2018)].

Un'altra questione da tenere in considerazione è il fatto che i sistemi di IA per alcuni potrebbero essere visti come delle "scatole nere", ovvero sistemi dal funzionamento incomprensibile. È importante quindi che la legge riconosca che un sistema potrebbe essere una "scatola nera" per una persona (ad esempio l'utente) e non per un'altra (ad esempio il produttore), perché l'applicazione della legge spesso dipende da ciò che un essere umano sapeva nel momento in cui è sorta la potenziale responsabilità [Reed (2018)].

4.2.3 Educazione

L'introduzione degli algoritmi di intelligenza artificiale all'interno di numerose aziende richiede che quest'ultime siano composte da lavoratori in grado di utilizzare tali strumenti e soprattutto di interpretarne i risultati. I lavoratori dovrebbero diventare alfabetizzati dell'IA, ovvero essere in grado di comprenderne criticamente il ruolo e il suo impatto sul lavoro [Ponce Del Castillo (2020)].

Gli studenti dovrebbero essere esposti a programmi obbligatori incentrati sui dati: apprendimento automatico e corsi di intelligenza artificiale. Inoltre, per creare un forte ambiente di dati e sfruttare l'intelligenza artificiale in modo più efficiente, gli stessi leader nazionali, i responsabili dei dipartimenti e della tecnologia dovrebbero ricevere istruzioni per l'IA, affinché siano più consapevoli delle capacità e dei potenziali vantaggi delle macchine e dei servizi basati sull'intelligenza artificiale [Soni et al. (2019)].

In aggiunta, essendo dei sistemi in continua evoluzione non è più possibile concepire l'educazione come una fruizione one shot in età giovane, così come è strutturato l'attuale sistema educativo in gran parte del mondo. Se l'intelligenza artificiale consente alle macchine di "apprendere" in modo tale che gli esseri umani debbano affrontare continui cambiamenti nelle competenze richieste per essere impiegabili, allora potrebbe essere necessario ripensare alla struttura dell'istruzione [Agrawal et al. (2018*b*)]. Si potrebbe pensare, quindi, ad un modello di apprendimento continuo in età adulta in quanto è necessario riqualificare i lavoratori che si aspettano di avere una carriera lavorativa sempre più lunga [Ernst et al. (2019)].

Non solo, poiché le attività di routine vengono sempre di più svolte dalle macchine, il lavoro umano si sposterà verso le vendite, lo sviluppo del mercato e la

consulenza, ovvero tutte attività che richiedono forti competenze sociali, empatiche ed interpersonali, piuttosto che tecniche. Anche in questo caso, il nostro sistema educativo basato sulla fornitura di sole competenze tecniche dovrebbe essere rivisto [Ernst et al. (2019)].

4.2.4 Portabilità dei dati, politiche open source ed infrastruttura digitale

Lo sviluppo e la diffusione dei sistemi di IA sono molto influenzati dalla presenza di dati da analizzare, quindi il primo ad aprire una piattaforma gode di un vantaggio sostanziale rispetto ai possibili concorrenti e può intascare una quota significativa del surplus del consumatore [Ernst et al. (2019)]. Si parla in questo caso di *effetti di rete diretti*, per cui il valore per un cliente aumenta al crescere del numero di altri clienti che utilizzano la stessa piattaforma.

Nel momento in cui viene immessa sul mercato la prima piattaforma, molti clienti inizieranno ad usarla, fornendo molti dati. In un secondo momento però, quando una nuova piattaforma viene aperta, gli switching cost per i clienti sono molto elevati, in quanto questi sarebbero costretti a reinserire tutti i propri dati sulla nuova piattaforma. Perciò, questi effetti di rete diretti potrebbero fungere da barriera all’ingresso per gli sviluppatori di sistemi di IA. Anche perché i motori di ricerca raccolgono informazioni dal comportamento dei clienti e le utilizzano per migliorare i propri servizi e adattarli all’utente stesso.

Dunque, la diversa base dati disponibile offre maggiore vantaggio competitivo agli incumbent, i quali nel momento in cui capiscono che un cliente sta per cambiare la piattaforma possono utilizzare tali dati per offrire dei pacchetti ad hoc e incentivare il cliente a restare, ostacolando in questo modo la crescita della nuova piattaforma, che non conoscendo ancora l’utente, non può adattarne il servizio [Furman & Seamans (2018)].

Per favorire la diffusione di questi sistemi sarebbe necessario emanare delle policy che favorissero la **portabilità dei dati** tra le diverse piattaforme, aumentando così anche la concorrenza tra le aziende consolidate sul mercato e favorendo l’ingresso delle startup, che sin da subito potrebbero sfruttare grandi set di dati.

Non solo, oltre alla portabilità dei dati, secondo Ernst et al. (2019), i governi dovrebbero perseguire una **politica basata sui dati aperti** che garantisca il libero accesso alle statistiche ufficiali, includendo grandi micro dataset, che attualmente richiedono una notevole quantità di tempo e risorse finanziarie per poter essere utilizzati.

Tale politica potrebbe essere integrata con la creazione di istituzioni pubbliche che

aiutino a codificare nuovi algoritmi open source per l'analisi dei Big Data.

Infine, come più volte espresso, l'IA non è ancora ampiamente diffusa nelle aziende a causa delle numerose incertezze, non tecniche, che la caratterizzano e per la mancanza di infrastrutture necessarie per il suo funzionamento. È necessario quindi favorire gli **investimenti nell'infrastruttura digitale**. Come sostenuto da Ernst et al. (2019) i responsabili politici devono garantire che venga implementata l'infrastruttura più recente con elevata scalabilità per consentire di sfruttare appieno le nuove tecnologie. Senza tale investimento, le applicazioni rimarranno limitate, in particolare nei paesi in via di sviluppo.

4.3 Proposte di policy

In un contesto caratterizzato da un calo della partecipazione alla forza lavoro e da un aumento della disuguaglianza, le forze politiche non possono stare a guardare e quindi si stanno muovendo verso l'introduzione di nuove policy per aiutare la popolazione. Sono state avanzate varie proposte, qui verranno discusse quelle alle quali è stata rivolta la maggiore attenzione. In particolare, si tratta del reddito di base universale, dei sussidi all'occupazione e della tassazione del capitale. Ogni politica ha i suoi punti a favore e quelli a sfavore e proprio per questo non non è ancora molto chiara la direzione da intraprendere. Ovviamente se le prime due sono esclusive, ovvero non possono essere applicate contemporaneamente, ciò non vale per la terza, che invece potrebbe anche essere integrata ad altre politiche, per cercare, in questo modo, di risolvere varie problematiche che sono state introdotte con l'IA.

La regolamentazione dell'IA ha esternalità che trascendono i confini nazionali, per cui approcci nazionali diversi tendono a entrare in conflitto. Un ulteriore problema in questi casi è che la capacità e la volontà dei responsabili politici nazionali di controllare gli effetti delle loro azioni nelle giurisdizioni straniere sono limitate. Questi problemi sono quindi tipicamente percepiti come di portata transnazionale, con la conseguenza che gli attori ritengono sempre più le norme nazionali inadeguate a fornire soluzioni adeguate.

Allineare la portata del coordinamento regolamentare con la portata delle esternalità presenta una serie di vantaggi. Sicuramente è l'unico modo per controllare efficacemente queste esternalità, ma non solo, facilita anche il benessere che migliora l'adozione dell'IA, invece di aggravare le disuguaglianze già pronunciate a livello mondiale [Erdélyi & Goldsmith (2020)].

4.3.1 Reddito di base universale

Il reddito di base universale ha tre caratteristiche [Furman & Seamans (2018)]:

- è disponibile quasi universalmente. Potrebbe essere limitato solo da criteri come la cittadinanza o l'età;
- fornisce benefici in denaro, non in natura;
- è incondizionato, ovvero non richiede al candidato di lavorare, cercare lavoro, seguire programmi di formazione, ecc.

Questa politica viene pensata per garantire alle persone un reddito minimo, in modo da ridurre la povertà, condividendo l'output associato all'IA. Furman & Seamans (2018) suggeriscono però che questa politica non sia efficace per risolvere il problema della disuguaglianza, che anzi verrebbe esacerbato.

Proprio per la caratteristica di disponibilità universale, verrebbe distribuito a tutti i membri della società indipendentemente dal reddito, andando dunque ad arricchire sia ricchi che poveri. La disuguaglianza aumenterebbe perché a questo punto i ricchi avrebbero più capitale da investire e trarne quindi ulteriori guadagni, mentre i poveri lo userebbero solo ed esclusivamente per andare avanti.

Inoltre, questi ultimi riceverebbero dei trasferimenti inferiori rispetto a quelli attuali, calcolati anche in base al numero di figli o altre situazioni specifiche per la singola famiglia.

In aggiunta, si pensa a questa politica come un modo per aumentare l'imprenditorialità, che si basa sul fatto che i ricchi (in questo caso imprenditori e innovatori) corrano maggiori rischi, avendo a disposizione una maggiore quantità di capitale disponibile. Questo fenomeno però potrebbe essere rallentato dai "prestatori", che diffidenti a causa dei maggiori rischi assunti dagli imprenditori, potrebbero pensare di ridurre i prestiti [Furman & Seamans (2018)].

Inoltre, come ogni politica richiede elevati costi per essere attuata. Si tratta di un finanziamento di circa 1000 miliardi di dollari, che richiederebbe il raddoppio delle imposte sui salari o un aumento di circa il 50% delle imposte sul reddito esistenti [Furman & Seamans (2018)].

Per questi motivi, il reddito di base universale ha poche probabilità di diventare una politica effettivamente attuabile.

4.3.2 Sussidi all'occupazione

I sussidi all'occupazione sono sempre dei trasferimenti in denaro ma, a differenza del reddito di base universale, non sono disponibili universalmente e sono condizionati al lavoro. Ci sono due tipi di proposte per espandere i sussidi all'occupazione

[Furman & Seamans (2018)]:

1. Utilizzare la struttura EITC, distribuendo il sussidio attraverso il codice fiscale, conferendolo quindi direttamente alle famiglie e rendendolo dipendente dalle circostanze famigliari.
2. Utilizzare l'approccio suggerito da Phelps (1997), secondo il quale questa politica diventerebbe un sussidio per i datori di lavoro. Tutta l'amministrazione sarebbe a carico del datore di lavoro e dell'autorità fiscale, mentre il dipendente vedrebbe solo un salario più alto.

Anche in questo caso, per l'attuazione della politica ci sono dei costi da sostenere. Si tratta qui di costi totali minori, ma costi amministrativi più elevati, in quanto i sussidi sono condizionati al lavoro [Furman & Seamans (2018)]. Sembrerebbe però una politica molto più efficace in quanto viene vista come un incentivo all'occupazione, seppur potrebbe diventare anche un incentivo per eventuali frodi, come ad esempio la dichiarazione errata di guadagni o ore.

4.3.3 Tassazione del capitale

Un'altra policy ampiamente discussa è stata la tassazione del capitale, come ad esempio la tassa dei robot che era stata chiesta da Bill Gates.

Questa necessità di tassare il capitale deriverebbe dal fatto che l'IA aumenterebbe la disuguaglianza a causa della quota di capitale maggiore rispetto a quella del lavoro presente nell'economia. Infatti, secondo Korinek & Stiglitz (2017) la tassazione del capitale potrebbe generare una ridotta disuguaglianza senza causare la stagnazione economica. Attraverso dei modelli, essi mostrano che fintanto che esiste un fattore di produzione necessario ma fisso (come i materiali), tassare quel fattore può consentire la redistribuzione senza creare distorsioni. Inoltre, mostrano che fintanto che l'elasticità dell'offerta di capitale è sufficientemente bassa, una combinazione di diritti di proprietà intellettuale e tassazione del capitale può consentire la redistribuzione con distorsioni minime.

Altri invece sostengono che una tale politica porterebbe a minori investimenti, a una crescita della produttività più lenta e a una società più povera in generale [Agrawal et al. (2018b)]. Secondo quest'ultimi quindi l'introduzione di questa politica potrebbe portare ad un rallentamento della diffusione dell'IA, frenando sempre di più l'innovazione.

Un'altra opzione potrebbe essere quella di istituire un nuovo sistema fiscale tale per cui i governi possono stimolare l'uscita dal mercato di società a basso livello di innovazione. Questo, secondo Acemoglu et al. (2013), è possibile tassando

gli operatori storici, anzichè sovvenzionare la loro attività di ricerca e sviluppo, costringendo le aziende o ad innovare o ad uscire dal mercato. Si tratterebbe quindi di tassare adeguatamente l'economia digitale per aiutare a mantenere una base di gettito fiscale stabile, rafforzando al contempo l'efficienza dell'economia attraverso una maggiore partecipazione alla forza lavoro e maggiori incentivi all'innovazione [Ernst et al. (2019)].

4.4 IA come arma di battaglia

Lo sviluppo tecnologico sebbene porti ad crescita della produttività, può allo stesso tempo portare ad un miglioramento degli strumenti che posso essere usati per affrontare una vera e propria guerra. L'IA è infatti considerata come l'arma più importante nella guerra moderna, principalmente nei settori della difesa e della sicurezza nazionale [Haney (2020*b*)].

In questi anni, nei Paesi più sviluppati (tra questi Cina, Russia e Stati Uniti) vi è una vera e propria corsa agli armamenti verso lo sviluppo di sistemi di IA più potenti per riuscire ad affermare il proprio primato. A tal proposito, Vladimir Putin ha annunciato che “chiunque diventerà il leader in questo campo dominerà il mondo” [Webster et al. (2017)].

L'IA permette sia di sferrare attacchi fisici, che informatici. Infatti, per quanto riguarda i primi, la Cina ha sviluppato e reso disponibili tecnologie missilistiche all'avanguardia guidate da IA. Si tratta di sistemi d'arma che possono essere autonomi, ovvero in grado di selezionare e ingaggiare bersagli in modo indipendente in base alle conclusioni derivate dalle informazioni raccolte e dai vincoli pre-programmati, o semiautonomi, con capacità autonome nelle funzioni rilevanti per la selezione e l'ingaggio del bersaglio, ma il sistema non può selezionare e ingaggiare i bersagli indipendentemente [Haney (2020*b*)]. Questi sistemi quindi permettono di attaccare un'altra nazione stando comodamente seduti alla scrivania del proprio ufficio, ma con risultati catastrofici per il Paese ricevente. Secondo McGinnis (2010) “il modo di pensare agli effetti dell'IA sulla guerra è pensare alle conseguenze della sostituzione di robot tecnologicamente avanzati per umani sul campo di battaglia”.

Gli attacchi informatici inoltre stanno diventando sempre più frequenti, sofisticati e distruttivi. Seppur questi non hanno le stesse tragiche conseguenze degli attacchi missilistici sono comunque da tenere sotto osservazione, in quanto l'IA fornisce un vantaggio decisivo nella penetrazione e nella sicurezza delle reti, riuscendo ad accedere a delle informazioni riservate o a distruggere dati che sono fondamentali per lo sviluppo di una Nazione.

I danni globali causati dagli attacchi informatici hanno raggiunto i 5 miliardi di dollari nel 2017 e potrebbero raggiungere i 6 trilioni di dollari entro il 2021 [Taddeo & Floridi (2018)]. Non solo, gli stati usano delle strategie sempre più aggressive guidate dall'IA e gli avversari risponderanno in modo sempre più feroce. Quindi quello che all'inizio partirebbe come un "semplice" attacco informatico si potrebbe trasformare in un vero e proprio attacco fisico, ritornando quindi alle conseguenze distruttive delineate sopra.

Ovviamente si tratta di tecnologie che potrebbero essere utilizzate non solo per fare degli attacchi internazionali, ma anche dalle stesse imprese all'interno del singolo Paese per sottrarre informazioni ai propri competitor e minare quel libero mercato su cui si basa la nostra economia.

Proprio per questo anche da questo punto di vista gli stati hanno bisogno di regolamenti che stabiliscono usi legittimi dell'IA per la difesa nazionale. È fondamentale che gli esperti, i politici e gli utenti finali garantiscano la trasparenza sui problemi, i limiti e le possibili carenze degli usi non regolamentati dell'IA per la difesa, progettando meccanismi di verifica e supervisione adeguati per questa tecnologia.

Qualcosa già è stata fatta, ma non basta. Nel 2004, le Nazioni Unite hanno istituito un gruppo di esperti governativi (United Nations Group of Governmental Experts) per concordare una serie di regole volontarie su come gli stati dovrebbero comportarsi nel cyberspazio. Ma nel loro quinto incontro nel 2017 non sono riusciti a trovare una soluzione che andasse bene per tutti sull'opportunità di applicare nel cyberspazio le leggi internazionali esistenti sull'autodifesa, le leggi umanitarie e la responsabilità dello Stato [Taddeo & Floridi (2018)].

4.5 IA per rendere le politiche di successo

Oltre agli usi negativi dell'IA in campo politico ci sono anche degli aspetti positivi che potrebbero portare anche i vertici della politica ad incentivare l'utilizzo dell'IA.

Promuovere delle nuove leggi non sempre ha l'effetto desiderato, anche perché spesso queste non vengono accolte positivamente dalla popolazione. La possibilità di avere continui feedback da parte dei cittadini potrebbe invece portare i capi di Stato a migliorare le proprie politiche e raggiungere anche maggiore consenso. Come sostenuto da Berryhill et al. (2019) i governi possono utilizzare l'IA per progettare politiche migliori e prendere decisioni più appropriate, rendere la comunicazione con i cittadini più efficiente e aumentare la qualità e la velocità dei servizi pubblici. Si pensa quindi ad un modello di e-governance basato sull'intelligenza artificiale

per fornire servizi pubblici in modo accurato, veloce e affidabile.

I sondaggi basati sull'IA e il networking, la volontà e le opinioni delle persone sono facili da raccogliere e analizzare, identificando facilmente le priorità dei cittadini e prendendo decisioni di conseguenza.

Inoltre, attraverso l'IA è anche possibile dare all'attuazione della politica un'immagine più chiara della volontà del pubblico, incentivando la popolazione verso un determinato comportamento necessario per rendere la politica di successo. Riducendo l'ambiguità l'IA aiuta a mobilitare la legittimità politica e installa strutture migliori in modo da garantire il raggiungimento degli obiettivi politici.

Per di più, disponendo di un database storico sulle politiche è possibile fare delle previsioni sull'evoluzione di una nuova policy ed il suo impatto futuro, riducendo in questo modo le possibilità di fallimento. I responsabili politici potrebbero avere un'analisi migliorata e ottimizzata attraverso misure quantitative e qualitative per determinare fino a che punto la politica sta portando ad i risultati sperati e se eventualmente fosse necessario fare dei cambi di rotta per raggiungere l'obiettivo finale.

In aggiunta, grazie ad una maggiore digitalizzazione dei servizi è possibile ridurre la corruzione e le frodi nell'attuazione delle politiche [Shekhawat (2020)]. Ad esempio, dal 2012 la Cina ha sviluppato un sistema di IA (Zero Trust) in grado di identificare, attraverso l'analisi dei dati, segni di corruzione a livello istituzionale. Si tratta però di un sistema che non è ancora largamente usato, proprio per la mancanza di trasparenza e di spiegabilità del processo che hanno portato a dedurre che quello incolpato è un funzionario corrotto [Redazione di Impactschool].

Si tratta quindi di sistemi che, una volta superati tali problemi, troveranno larga diffusione anche all'interno del campo politico, rendendolo più efficiente e garantendo lo sviluppo sia degli stati già sviluppati, ma soprattutto di quelli emergenti, accelerando la fase di crescita attraverso le giuste scelte politiche e cercando in questo modo di ridurre le disuguaglianze a livello globale.

4.6 IA & Antitrust

Un aspetto non emerso finora è la possibilità dei sistemi di IA di eseguire un aggiustamento dinamico dei prezzi. La determinazione dei prezzi dinamica consente un'ottimizzazione istantanea dei prezzi in base a molti fattori, quali disponibilità di scorte, prezzi dei concorrenti, fluttuazioni della domanda e così via [Abrardi et al. (2020)]. Se questo da un lato consente di tenere il mercato costantemente in equilibrio, evitando una domanda insoddisfatta e un eccesso di offerta, dall'altro può portare a comportamenti indesiderabili.

Il prezzo algoritmico infatti può facilitare la collusione attraverso due canali principali [Abrardi et al. (2020)]:

1. consente di reagire alle azioni dei rivali molto più rapidamente degli esseri umani;
2. attraverso le tecniche di machine learning, il software impara la strategia ottimale per tentativi ed errori, apprendendo autonomamente come stabilire prezzi super competitivi, senza alcuna comunicazione con software di altre aziende e senza essere progettati o istruiti a colludere.

Differentemente dalla collusione tra umani, le strategie collusive giocate dagli agenti di IA sono resistenti alle perturbazioni di costi o domanda, numero di attori, asimmetrie informative e forme di incertezza [Abrardi et al. (2020)]. Inoltre, non lasciando traccia delle loro azioni, usando questo meccanismo "trials and errors", è difficile da controllare e da regolamentare. Infatti, l'attuale standard legale per la collusione fallisce in caso di forme tacite di collusione, come nel caso dei sistemi IA, generando ancora una volta problemi di responsabilità.

Non è l'unico problema di cui l'Antitrust, legislazione antimonopolistica che definisce il complesso delle norme che sono poste a tutela della concorrenza sui mercati economici, si deve occupare. Infatti, a minare la libera concorrenza vi è anche il problema della concentrazione del mercato. Il pericolo è che con l'adozione precoce di tecnologie basate sull'IA nelle aziende leader, il differenziale di produttività è destinato ad aumentare, portando ad un aumento della concentrazione del mercato e ad una spinta verso l'informalizzazione di quelle aziende che sono sempre più indietro rispetto alla frontiera della produttività, con conseguenze sui salari e sulle condizioni di lavoro [Ernst et al. (2019)]. Inoltre, come sostenuto da Naudè & Nagler (2015) la concentrazione di profitti e ricchezze tra poche grandi aziende crea il rischio di cattura normativa da parte dei ricchi, con conseguenze negative per i mercati aperti, la diffusione dell'innovazione, l'applicazione della regolamentazione e la capacità del paese di riscuotere le tasse.

Anche da parte dell'antitrust sarà necessario quindi cercare di sviluppare dei nuovi sistemi per cercare di ridurre la collusione e la concentrazione del mercato e di ricreare quella condizione di libera concorrenza che aumenta il welfare delle nazioni.

Parte II

Analisi econometrica

Capitolo 5

Impatto dello sviluppo di sistemi IA sulla crescita delle imprese

5.1 Descrizione dei dati

Finora è stato descritto, da un punto di vista teorico, l'impatto dell'adozione di sistemi di intelligenza artificiale nelle imprese. Essendo però la diffusione di tali sistemi molto recente, non si hanno ancora dei dati che possano dimostrare da un punto di vista sperimentale, se ciò che è stato previsto sia effettivamente ciò che accadrà realmente in futuro. È tuttavia possibile valutare se lo sviluppo di questi sistemi, misurato mediante la pubblicazione di brevetti di IA, possa portare ad una crescita delle aziende. A tal proposito, è stato utilizzato un set di dati realizzato da Benassi et al. (2020), per valutare l'impatto dello sviluppo di Industry 4.0 sulle performance delle imprese. Le fonti utilizzate per la sua realizzazione sono:

- le domande di brevetto depositate presso l'Ufficio Europeo dei Brevetti (EPO);
- ORBIS-IP, un set di dati molto ampio e recentemente rilasciato, fornito dal Bureau Van Dijk, che combina informazioni complete a livello di azienda e brevetto per circa 300 milioni di società incorporate in tutto il mondo e oltre 110 milioni di registrazioni di brevetti.

Il dataset è stato composto, andando in primo luogo a vedere le aziende che hanno depositato delle domande di brevetto di Industry 4.0 presso l'EPO nel periodo compreso tra il 2009 e il 2014 ed in secondo luogo andando a prendere i dati di queste aziende da ORBIS-IP. Sono presenti, dunque, dati riguardanti informazioni di bilancio, numero di dipendenti e anno di costituzione dell'azienda, settore di

attività economica e ubicazione e, ovviamente, riguardanti il numero di brevetti depositati sia nel periodo di riferimento, che in quello precedente, a partire dal 1985, per calcolare lo stock di brevetti posseduto dalle imprese.

La scelta di prendere un arco di tempo così breve non è casuale, ma deriva sia dalla carenza di dati a livello di impresa precedenti al 2009, sia per evitare problemi di troncamento derivanti dal ritardo di pubblicazione associato dalle domande di brevetto. Il processo di deposito e pubblicazione dei brevetti é infatti molto lungo e, andando a prendere dati oltre al 2014, si rischiava di non considerare tutte le domande di brevetto che effettivamente erano state applicate nel periodo di interesse e quindi di ottenere delle stime non corrette.

Sono state inoltre raggruppate le imprese appartenenti allo stesso gruppo societario per tenere conto di eventuali dinamiche di gruppo, come condivisione delle conoscenze tra la società madre e le società affiliate, la ricezione di supporti finanziari e altri effetti sinergici, nello sviluppo delle tecnologie di Industry 4.0.

In aggiunta, è stato scelto di considerare solo grandi imprese, ovvero imprese che impiegano più di 250 dipendenti. Questa scelta deriva dal fatto che la qualità del bilancio e di altre informazioni a livello di impresa aumenta con le dimensioni delle impresa e che la quasi totalità dei brevetti in Industry 4.0 arriva da grandi imprese (più del 97% delle domande di brevetto in questo ambito, sono effettuate da aziende con più di 250 dipendenti). Infine, sono state selezionate solo imprese del settore privato (ad eccezione di quelle agricole e finanziarie) con sede negli Stati Uniti (US), Germania (DE), Giappone (JP), Italia (IT), Regno Unito (GB), Corea del Sud (KR), Francia (FR), Belgio (BE), Svezia (SE), Finlandia (FI), Spagna (ES), Paesi Bassi (NL), Cina (CN) o Austria (AT). La scelta di tale restrizione è dovuta alla volontà di avere un minimo di 10 osservazioni per ogni Paese, per controllare accuratamente l'eterogeneità non osservata a livello di paese attraverso effetti fissi a livello nazionale.

É stato così ottenuto un dataset contenente 1193 imprese. Va precisato che il set di dati in questione è stato realizzato per analizzare l'impatto delle tecnologie di Industry 4.0, mentre questo lavoro vuole valutare l'impatto dello sviluppo di sistemi di intelligenza artificiale, che rappresentano una piccola parte dei brevetti di Industry 4.0. Le aziende presenti nel dataset e che sviluppano IA sono infatti solo 82, per un totale di brevetti di IA pari a 278, di cui solo 247 pubblicati nel periodo di riferimento (2009/2014).

Nella Fig. 5.1 è possibile vedere l'andamento delle domande di brevetti di IA depositati presso l'EPO nel periodo di riferimento. É chiaro che il trend sia in crescita, seppur è presente un picco nel 2012, seguito da una leggera decrescita.

Probabilmente tale picco è dovuto ad uno sforzo concentrato dell'impresa giapponese "Nippon Signal Co Ltd" che solo in quell'anno ha pubblicato ben 26 brevetti di IA. Nonostante ciò, è evidente come il numero di applicazioni nel corso degli anni stia aumentando, in quanto questi sistemi stanno diventando sempre più efficienti e quindi sempre più aziende cercano di svilupparli per ottenere un ritorno, seppur non immediato, da queste tecnologie.

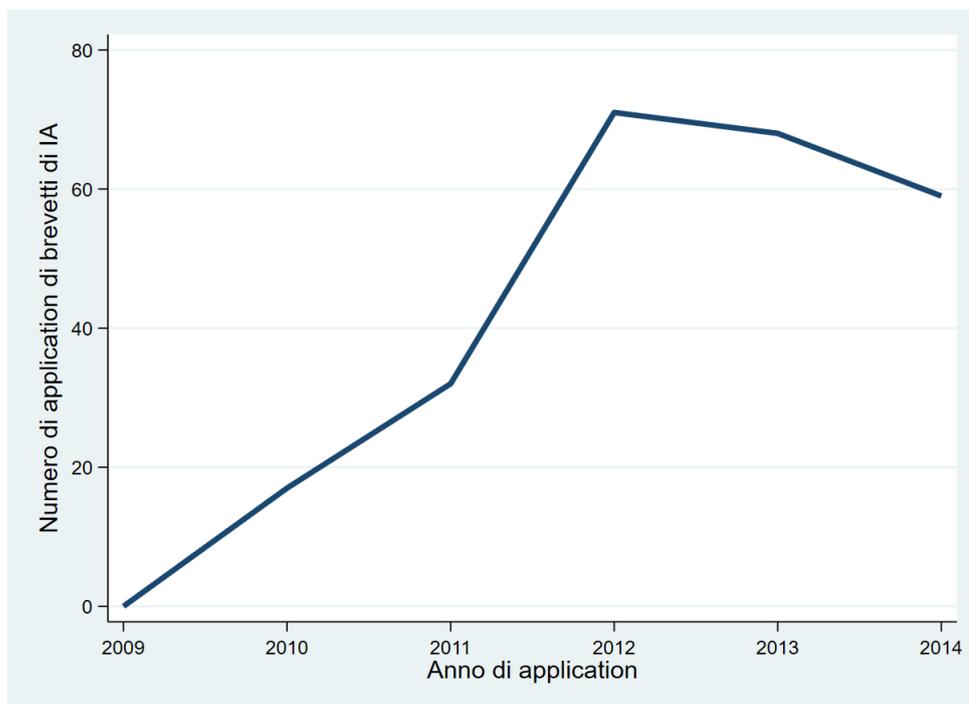


Figura 5.1. Andamento dell'application dei brevetti di IA nel periodo 2009/2014

L'azienda "Nippon Signal Co Ltd" non è però la sola giapponese a sviluppare brevetti di IA, infatti come è possibile vedere dalla Fig. 5.2, il Giappone è al primo posto per numero di brevetti pubblicati presso l'EPO tra i Paesi presenti nel dataset. Ciò non deve passare inosservato, in quanto depositare un brevetto presso l'EPO, vuol dire richiedere la protezione brevettuale nei Paesi europei. È sorprendente, infatti, che non siano i Paesi europei ad occupare i primi posti, ma i Paesi asiatici ed americani. Considerando la distribuzione geografica totale tra i 3 continenti in esame, è possibile notare, come l'Europa non abbia il primato ma è seconda. La Fig. 5.3 mostra infatti come al primo posto è presente l'Estremo Oriente e l'Asia centrale con un totale di 127 brevetti, al secondo l'Europa occidentale con un totale di 86 brevetti e al terzo l'USA con un totale di 65 brevetti.

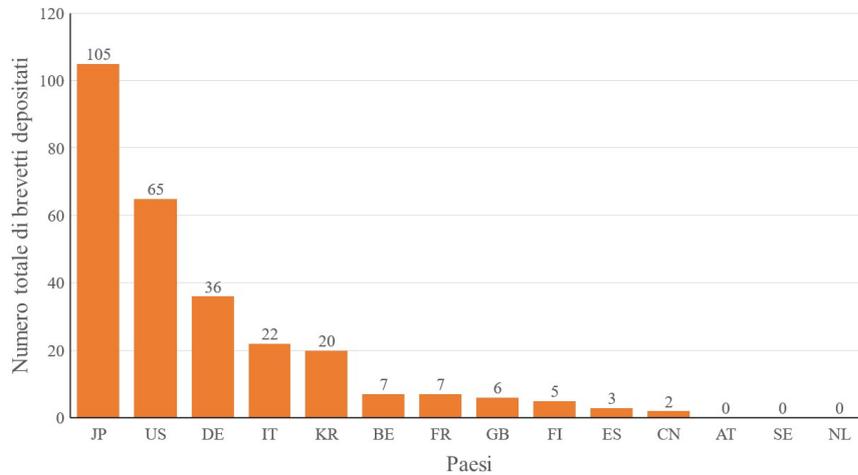


Figura 5.2. Distribuzione geografica del numero totale di brevetti IA

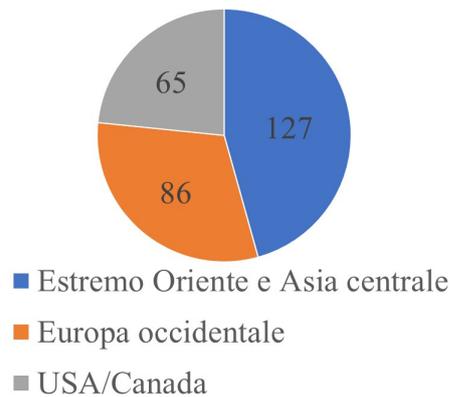


Figura 5.3. Distribuzione geografica aggregata del numero totale di brevetti IA

Occorre inoltre fare un'altra precisazione:

- l'Estremo Oriente e l'Asia centrale sono rappresentati da 3 Paesi (JP, KR, CN);
- l'Europa occidentale è rappresentata da 10 Paesi (DE, IT, BE, FR, GB, FI, ES, AT, SE, NL);
- l'America è rappresentata solo dagli Stati Uniti.

Dunque, è possibile notare come in realtà, fino al 2014, l'Europa non abbia investito tanto nello sviluppo di sistemi di IA, arrivando con un certo ritardo su un

mercato che si sta dimostrando molto fiorente. Ciò sarebbe ancora più evidente se le domande depositate presso l'EPO fossero confrontate con quelli degli altri uffici brevettuali.

Molto interessante da notare è anche il fatto che andando a tracciare l'intensità dei brevetti di intelligenza artificiale rispetto allo stock totale di brevetti posseduto dalle aziende all'interno di ciascun Paese analizzato, [Fig5.4] non c'è più il Giappone al primo posto, ma comunque un Paese asiatico, ovvero la Corea del Sud, con una percentuale dell'1,97%. Questo potrebbe essere il risultato di decisioni strategiche deliberate a livello nazionale volte alla promozione dello sviluppo dell'intelligenza artificiale. Inoltre, in questo caso notiamo come Spagna e Italia sono i due Paesi europei con maggiore intensità di brevettazione di IA. I dati vanno però analizzati con attenzione. La Spagna infatti presenta solo 3 brevetti di IA e se è al secondo posto in quest'analisi vuol dire che è un paese con scarsa attività innovativa. Lo stesso non si può dire invece per l'Italia, che ha anche un numero leggermente maggiore di brevetti totali rispetto alla Corea del Sud, ma che rispetto a quest'ultima ha uno stock molto maggiore di brevetti non IA. Dunque è possibile affermare, come l'Italia sia uno tra i Paesi europei che maggiormente promuove l'IA, accompagnata dalla Germania, che per numero totale di brevetti depositati (36) è anche davanti all'Italia stessa. Val la pena notare infatti che l'Italia recentemente ha investito molto in questa direzione, tramite il piano Industria 4.0. [Ministero dello Sviluppo Economico (2020)]

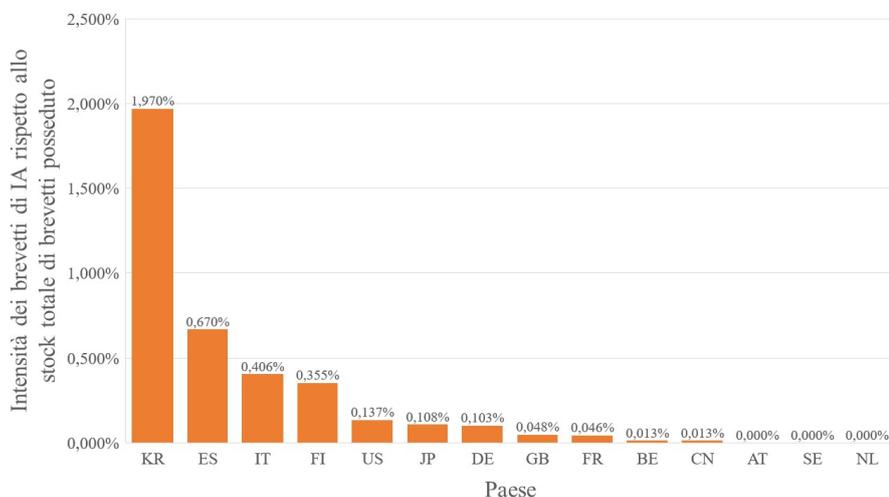


Figura 5.4. Distribuzione geografica dell'intensità brevettuale in IA sullo stock totale

Si può analizzare inoltre come i brevetti sono distribuiti a livello di settore industriale. Nella tabella 5.1 è possibile notare come il maggior numero di brevetti

(192) riguarda la manifattura e quindi il settore secondario. Molti brevetti (86) sono stati depositati anche per il settore terziario, soprattutto dalle industrie che si occupano di informazioni e comunicazioni e fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata. La prevalenza di sistemi di IA nel settore secondario è dovuta probabilmente al processo di sostituzione dell'uomo con la macchina nelle attività meccaniche e ripetitive. I robot industriali infatti sono dotati di sistemi di IA affinché siano in grado di svolgere le attività umane e grazie al machine learning, fronteggiare eventuali imprevisti che si potrebbero presentare durante l'arco della giornata.

Tabella 5.1. Distribuzione dei brevetti di IA per settore industriale

Settore	Tipo di industria	N° brevetti
Secondario	Manifattura	192
Terziario	Informazioni e comunicazioni	22
Terziario	Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata	18
Terziario	Commercio all'ingrosso e al dettaglio; riparazione di veicoli a motore	13
Terziario	Costruzione	12
Terziario	Attività professionali scientifiche e tecniche	12
Terziario	Attività relative alla salute umana e al lavoro sociale	6
Terziario	Attività amministrative e di servizio di supporto	2
Terziario	Trasporto e stoccaggio	1

Inoltre, lo sviluppo di sistemi di intelligenza artificiale necessita della presenza di numerosi dati affinché si realizzino degli algoritmi efficienti. Dati che sono posseduti con riservatezza dagli incumbent e che pongono delle barriere all'ingresso per i nuovi entranti. La Fig. 5.5 mostra come nel periodo di riferimento, sono ancora pochi i new entrant a sviluppare brevetti di intelligenza artificiale. Va specificato che tale distinzione è stata realizzata in base all'anno di fondazione dell'impresa leader del gruppo societario e in particolare nel dataset in esame:

- gli incumbent sono aziende nate tra il 1689 e il 2000;
- i new entrant sono aziende nate dopo il 2000;

Come sostenuto nel capitolo 4, solo delle politiche open source potrebbero assicurare il pieno sviluppo e la diffusione di questi sistemi.

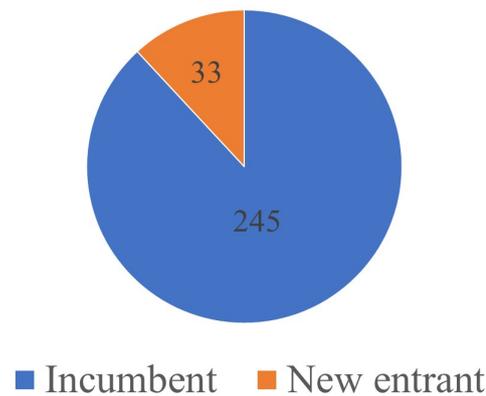


Figura 5.5. Distribuzione dei brevetti IA in relazione all'età dell'impresa

Tabella 5.2. Prime 10 imprese per numero di brevetti di IA pubblicati

Nome	Paese	Tipo di industria	Età	N° brevetti di IA	N°brevetti di Industry 4.0	N° brevetti totali	ROI
<i>Nippon Signal Co Ltd</i>	JP	Manifattura	Incumbent	30	73	195	8,00%
<i>Facebook, inc.</i>	US	Informazioni e comunicazioni	New entrant	13	299	437	12,96%
<i>Juniper Networks Inc</i>	US	Informazioni e comunicazioni	Incumbent	13	247	651	-3,73%
<i>Doosan corp.</i>	KR	Costruzione	Incumbent	11	120	749	3,84%
<i>YANMAR holdings co. Ltd.</i>	JP	Manifattura	Incumbent	10	418	1609	9,38%
<i>Eltek - s.p.a.</i>	IT	Manifattura	Incumbent	8	30	233	13,42%
<i>Yokogawa Electric Corporation</i>	JP	Manifattura	Incumbent	6	259	966	-3,47%
<i>Genomic Health, Inc.</i>	US	Attività relative alla salute umana e al lavoro sociale	Incumbent	6	26	124	-16,01%
<i>Schneider Electric Se</i>	DE	Commercio all'ingrosso e al dettaglio; riparazione di veicoli a motore	New entrant	6	60	402	19,59%
<i>Agfa-Gevaert N.V.</i>	BE	Manifattura	Incumbent	6	98	1656	-0,63%

Nella tabella 5.2 sono riportate le prime 10 imprese per numero di brevetti IA pubblicati. Come già emerso in precedenza, anche da questa classificazione si evince come l'ambito manifatturiero sia quello maggiormente dedicato allo sviluppo

di queste nuove tecnologie. Per entrare più nello specifico, di seguito è riportata una breve descrizione delle aziende elencate, con lo scopo di capire, più in dettaglio, in che campo sono applicati gli algoritmi di IA.

1. *Nippon Signal Co Ltd*: Nippon Signal è stata fondata nel 1928 per sviluppare tecnologie domestiche per i sistemi di segnaletica ferroviaria. Il loro scopo è quello di far sì che le reti del servizio ferroviario siano le più sicure e confortevoli al mondo e a tal proposito l'utilizzo del machine learning potrebbe essere decisivo. Inoltre, è presente all'interno dell'impresa un piano di gestione a lungo termine chiamato "Evolution 100" che evidenzia come l'azienda sia attenta al progresso tecnologico anche in un mondo in rapida evoluzione [come riportato sul sito della stessa azienda].
2. *Facebook, Inc.*: Facebook nasce nel 2004 con l'obiettivo di consentire a persone di tutto il mondo di essere in contatto e condividere idee. Ad oggi Facebook Inc. possiede anche altre piattaforme di comunicazione come Whatsapp, Instagram, Oculus ed altri. L'uso dell'intelligenza artificiale per questo gruppo societario è fondamentale per analizzare le immagini ed il testo, per mappare la densità della popolazione, per consentire le traduzioni dei post e per la presenza di chatbot [Kambria (2019)].
3. *Juniper Networks Inc*: Juniper Networks, Inc. è una società multinazionale fondata nel 1996 che si occupa di tecnologie dell'informazione e della comunicazione e di tecnologie di rete. In particolare, l'azienda progetta e vende prodotti e servizi per reti IP. Juniper ha a cuore lo sviluppo di IA, infatti nel 2019 ha acquistato il produttore di software wireless e di IA "Mist". Il suo obiettivo è quello di diffondere nelle imprese il suo sistema WI-FI Assurance che include un motore di IA chiamato Marvis che offre l'acquisizione dinamica dei pacchetti e il machine learning per identificare, adattarsi e risolvere automaticamente i problemi della rete [Cooney (2020)].
4. *Doosan corp.*: Doosan è una multinazionale nata nel 1896 le cui attività principali si basano su ISB (Infrastructure Support Business). Doosan ha sviluppato e fornito varie soluzioni digitali a centrali elettriche coreane e straniere basate sulla combinazione di Internet of Things (IoT) e intelligenza artificiale per aumentare l'efficienza e la sicurezza della generazione di energia, riducendo al contempo l'anidride carbonica e altri inquinanti [Onda (2019)].
5. *YANMAR holdings co. Ltd.*: Yanmar è uno dei principali produttori di macchinari industriali del Giappone i cui prodotti coprono un'ampia gamma di macchine agricole, attrezzature per l'edilizia, motori navali e sistemi energetici. Nel 2019 Yanmar ha introdotto sul mercato SHIPSWEB, uno strumento

sofisticato per la gestione dei motori ausiliari sulle navi oceaniche che incorpora elementi di intelligenza artificiale e tecnologie avanzate di informazione e comunicazione (ICT) [Yanmar Co. (2020)].

6. *Eltek - s.p.a.*: L'Eltek è un gruppo societario che ha aziende nel settore automotive, appliance e biomedico. In particolare, in quest'ultimo settore l'attuale attività di ricerca riguarda sistemi di diagnostica e per la medicina rigenerativa in cui l'intelligenza artificiale risulta indispensabile [sito ELTEK (n.d.)].
7. *Yokogawa Electric Corporation*: Yokogawa Electric Corporation sviluppa, produce e commercializza soluzioni di tecnologia dell'informazione (IT), apparecchiature di misura e controllo, semiconduttori e componenti elettronici. Il gruppo è caratterizzato da un crescente interesse per l'uso dell'IA per prevenire malfunzionamenti delle apparecchiature e massimizzare la produttività. Ad esempio l'introduzione di funzioni IA come futura penna per i registratori di cassa industriali aiuterà gli utenti ad identificare e correggere i problemi prima che abbiano la possibilità di causare interruzioni nelle operazioni di produzione [sito Yokogawa (n.d.)].
8. *Genomic Health, Inc.*: Genomic Health è una società che si concentra sulla ricerca genetica in particolare nella rilevazione del cancro. Nel 2003 Genomic Health aveva sviluppato Oncotype DX, un test genomico che quantificava la probabilità di recidiva del cancro al seno. Immesso sul mercato questo test, non era ancora basato sull'IA, ma successivamente sono iniziate le ricerche su come coadiuvarlo con l'aiuto di tecniche di machine learning per renderne più efficienti le performance [Wikipedia (n.d.)].
9. *Schneider Electric Se*: Schneider Electric è un gruppo industriale che produce prodotti per la gestione elettrica, sistemi automatici e soluzioni finalizzate a queste attività. Schneider Electric sta investendo nello sviluppo di analisi predittive basate sull'IA e strumenti di gestione delle condizioni, ad esempio, per consentire ai clienti di prevedere il guasto molto prima che si verifichi effettivamente il tempo di inattività [sito Schneider Electric].
10. *Agfa-Gevaert N.V.*: Agfa-Gevaert N.V. è una multinazionale nata dalla fusione tra l'azienda tedesca Agfa AG e l'azienda belga Gevaert Photo-Producten N.V., che realizza prodotti analogici e digitali e sistemi per la produzione, elaborazione e riproduzione di immagini. Agfa-Gevaert N.V. ha realizzato una piattaforma chiamata Enterprise Imaging, basata su applicazioni avanzate integrate e intelligenza artificiale, che fornirà ai radiologi informazioni aggiuntive per il processo decisionale e un accesso rapido ai risultati e alle analisi, contribuendo a migliorare in modo significativo il percorso di cura e la soddisfazione del paziente [MedImaging International (2018)].

É sorprendente come sebbene queste aziende sviluppino brevetti di IA e sono quindi al passo con i tempi, alcune di esse presentano una redditività negativa. Ciò probabilmente è dovuto al fatto che generare dei sistemi di IA efficienti porta a far fronte a numerosi costi ed il rientro dell'investimento non è immediato. Perciò è probabile che queste aziende investano tanto in ricerca e sviluppo con l'obbiettivo di entrate future.

5.2 Modello empirico

L'analisi econometrica si basa sul seguente modello empirico, di cui sono state stimate 3 differenti versioni:

$$Crescita_{it} = \alpha + \beta sviluppo_IA_{t-1} + \gamma X_{it-1} + \eta_i + \varepsilon_{it} \quad (5.1)$$

Dove:

- $Crescita_{it}$ rappresenta la crescita percentuale della produttività, dell'occupazione o della redditività;
- α è la costante del modello di regressione;
- $sviluppo_IA_{t-1}$ indica la quota parte dello sforzo innovativo dell'impresa i dedicato allo sviluppo di sistemi di IA al tempo t-1;
- X_{it-1} è un vettore che include diversi controlli sia a livello di brevetto, come lo stock di brevetti 4.0 non IA e lo stock totale di brevetti, che di azienda, come il grado di tangibilità degli asset, il rapporto capitale/lavoro, nonché delle variabili dummy per dimensione, settore e paese dell'impresa e le interazioni di alcune di queste variabili con il tempo. Le interazioni sono necessarie per evidenziare dei trend temporali nei risultati della crescita dell'impresa e nello sviluppo di sistemi di IA, che si materializzano lungo tali dimensioni;
- η_i è un fattore che cattura l'eterogeneità invariante temporale specifica dell'impresa. Fattori non osservati come la cultura dell'azienda, la qualità della gestione e il grado di internazionalizzazione potrebbero influenzare in modo sostanziale sia le prestazioni dell'azienda e quindi la sua crescita, che lo sviluppo di sistemi di IA;
- ε_{it} è il termine di errore della regressione.

Per valutare l'impatto dell'IA sulla crescita dell'impresa inizialmente sono state utilizzate le stime dei minimi quadrati ordinari (OLS) con un insieme di base di variabili di controllo a livello di brevetto. Sono stati poi progressivamente inseriti dei controlli aggiuntivi per stimare specificazioni più articolate, che tengono conto

di un'ampia gamma di caratteristiche variabili nel tempo a livello di azienda. Infine, poiché la stima OLS non tiene conto delle caratteristiche specifiche delle singole aziende, sono state effettuate regressioni a effetti fissi (FE) che tengono conto dell'eterogeneità aziendale invariante nel tempo non osservata, in modo da ottenere una correlazione più robusta.

Inoltre, in entrambe le stime i regressori di interesse sono stati ritardati di un anno, ovvero le variabili sono riportate all'anno precedente. Ciò è stato effettuato per controllare eventuali effetti di simultaneità, ovvero se da un lato è evidente che le propensioni all'innovazione porta ad una crescita dell'impresa, dall'altro è anche vero che la crescita dell'impresa potrebbe influenzare la sua capacità innovativa.

5.3 Descrizione delle variabili

5.3.1 Variabili dipendenti

La variabile dipendente del modello è la crescita dell'azienda. Nell'analisi empirica consideriamo tre misure di crescita.

La prima è la crescita percentuale dell'occupazione (Eq. 5.2), per valutare se anche le imprese che sviluppano sistemi di IA sono caratterizzate dal displacement effect descritto nel capitolo 2 e quindi da un aumento iniziale del tasso di disoccupazione. Tale variabile è calcolata nel seguente modo:

$$\text{Crescita percentuale dell'occupazione} = \frac{\text{occupazione}_t - \text{occupazione}_{t-1}}{\text{occupazione}_{t-1}} \quad (5.2)$$

Dove per occupazione si intende il numero totale di impiegati dell'impresa nell'anno considerato.

La seconda è la crescita percentuale della produttività del lavoro, calcolata nell'equazione 5.3, per vedere se effettivamente lo sviluppo di questi sistemi genera un aumento della produttività delle imprese, motivo principale per il quale questi sistemi vengono adottati dalle imprese.

$$\text{Crescita percentuale della produttività} = \frac{\text{produttività}_t - \text{produttività}_{t-1}}{\text{produttività}_{t-1}} \quad (5.3)$$

Dove per produttività si intende i ricavi per dipendente, ovvero

$$\text{produttività} = \frac{\text{ricavi totali}}{\text{dipendenti totali}} \quad (5.4)$$

Infine, l'ultima variabile è la crescita percentuale della redditività, come riportato nell'equazione 5.5, per valutare se lo sviluppo di algoritmi di IA, genera un aumento del ROI delle imprese, tale per cui le imprese siano incentivate a proseguire l'innovazione in questo campo.

$$\text{Crescita percentuale della redditività} = \frac{\text{redditività}_t - \text{redditività}_{t-1}}{\text{redditività}_{t-1}} \quad (5.5)$$

Dove per redditività si intende il ROI dell'impresa all'anno t o all'anno t-1.

5.3.2 Variabili indipendenti

Tra le variabili indipendenti, il regressore d'interesse è l'intensità dei brevetti IA sullo stock totale, che è calcolata come di seguito:

$$\text{Intensità dei brevetti IA sullo stock totale} = \frac{(\text{stock dei brevetti di IA})_t}{(\text{stock dei brevetti})_t} \quad (5.6)$$

Non è stato direttamente usato lo stock di brevetti IA nel modello perché i dati sono pochi e riuscire a cogliere un effetto differenziale dovuto al totale del numero di brevetti di IA posseduto dalle imprese non è possibile. Infatti, come è possibile vedere nella tabella 5.3 anche il valore medio di questa variabile è molto basso.

Per avere un controllo più robusto dell'effetto dell'intensità dei brevetti di IA sulla crescita dell'impresa sono state utilizzate altre variabili indipendenti sia a livello di brevetto, sia a livello di impresa:

- **Stock deflazionato dei brevetti 4.0 non IA (log);**
- **Stock deflazionato dei brevetti totali (log);**
- **Grado di intangibilità degli asset**, calcolato come rapporto tra immobilizzazioni immateriali e immobilizzazioni totali; è inserito con lo scopo di cogliere le eterogeneità negli investimenti immateriali delle imprese, come ad esempio gli investimenti in ricerca e sviluppo.
- **Grado di intensità di capitale**, dato dal rapporto tra immobilizzazioni materiali e dipendenti; utilizzato per tenere conto delle differenze strutturali nei processi produttivi delle imprese.

Le prime due variabili sono utilizzate per indicare la capacità innovativa dell'impresa a prescindere dallo sviluppo di sistemi di IA. A tal proposito viene utilizzato il logaritmo naturale dello stock deflazionato delle domande di brevetto depositate

presso l'EPO dal 1985. È utilizzato lo stock deflazionato, e non semplicemente lo stock totale, perché con il passare del tempo i brevetti perdono la loro caratteristica di novità e innovazione, dato che nuove tecnologie più preformanti sono immesse sul mercato. Il tasso di deprezzamento utilizzato per generare tale variabile è costante ed è pari a 0,15.

5.3.3 Statistiche descrittive

Prima di fornire i risultati dell'analisi econometrica è utile mostrare alcune statistiche descrittive del campione di stima. Nella tabella 5.3 sono presenti delle statistiche riassuntive delle variabili sopra citate rispetto alle imprese analizzate, oltre che ad altre variabili utili per avere un'idea delle performance delle stesse.

Tabella 5.3. Statistiche descrittive del campione: informazioni generali

Variabili	Media/%	Std. dev.	25 th Pct.	50 th Pct.	75 th Pct.	Min.	Max.
<i>Variabili dipendenti</i>							
Crescita percentuale della produttività	0.056	0.195	-0.048	0.031	0.129	-0.768	2.829
Crescita percentuale dell'occupazione	0.049	0.330	-0.018	0.011	0.061	-0.470	11.125
Crescita percentuale della redditività	0.197	12.885	-0.475	-0.059	0.271	-169.593	680.219
<i>Variabili indipendenti</i>							
Intensità dei brevetti IA sullo stock totale	0.001	0.026	0	0	0	0	1
Stock deflazionato dei brevetti 4.0 non IA (log)	1.823	1.534	0.693	1.666	2.885	-4.063	7.236
Stock deflazionato dei brevetti totali (log)	3.847	1.843	2.642	3.912	5.117	-3.207	8.542
Grado di intangibilità degli asset	0.273	0.295	0.032	0.131	0.475	0	0.997
Grado di intensità di capitale	98.649	235.879	21.617	42.45	91.876	0.012	5443.431
<i>Altre variabili</i>							
Occupazione	9279.740	73419.100	587	1328	4200	250	2200200
Ricavi (1000 Euro)	2752.240	13202.400	157.648	426.836	1519.97	50.074	429589.410
Produttività del lavoro	383.304	313.213	199.667	289.497	446.251	59.654	2912.203
ROI	0.093	0.128	0.023	0.078	0.151	-0.661	0.874
Manifattura	77%						
Servizi	23%						
Incumbent	90%						
New Entrant	10%						

Per consistenza con le regressioni, tutte le variabili indipendenti sono laggate di un anno

Le aziende del campione sono piuttosto eterogenee. La dimensione media è di circa 9000 addetti, mentre la mediana è molto inferiore, circa 1300 dipendenti. I ricavi medi sono poco meno di 3 miliardi di Euro, a differenza del valore mediano che è di circa 400 milioni di Euro. La produttività del lavoro media è di poco inferiore a 400 Euro. Inoltre, il ROI medio è di circa il 9%, perciò si tratta di aziende piuttosto redditizie, seppur alcune imprese presentano un ROI negativo. La maggior parte delle aziende presenti nel campione di analisi appartiene al settore

manifatturiero (circa il 77%), mentre le restanti sono società di servizi. Infine, le imprese non sono in media giovani, infatti circa il 90% sono Incumbent.

5.4 Risultati

Dopo aver presentato il campione e le variabili utilizzate nell'analisi econometrica è possibile mostrare risultati dell'equazione 5.1, ottenuti mediante l'utilizzo del software STATA. Questi sono rappresentati in 3 sottosezioni differenti a seconda della variabile dipendente che si analizza.

5.4.1 Impatto dell'IA sulla crescita occupazionale delle imprese

La tabella 5.4 riporta i risultati per varie specifiche dell'equazione 5.1 rispetto alla variabile crescita percentuale dell'occupazione.

In particolare, nelle prime 3 colonne sono riportati i risultati della stima OLS, mentre le ultime 4 mostrano gli effetti ottenuti con delle stime FE. In entrambe le stime si parte da alcuni controlli base, per poi aggiungere sempre più controlli e cercare di ottenere delle analisi che siano le più robuste possibile. Sono state effettuate moltissime analisi, nella tabella 5.4 sono presenti le più significative:

- **OLS1** considera solo il regressore di interesse, ovvero l'intensità di IA sullo stock totale a $t-1$, seguito da altri controlli a livello di brevetto;
- **OLS2** aggiunge alla stima precedente alcuni controlli a livello di impresa (variabili dummy per Paese di locazione, Età dell'impresa e Corporate, ovvero una variabile che indica se l'impresa fa parte di un gruppo societario o meno e quindi può beneficiare delle dinamiche di gruppo);
- **OLS3** completa la OLS2 con un controllo sul Grado di intagibilità degli asset;
- **FE1** riporta la stessa specificazione della OLS3, ma andando a prendere in considerazione anche gli effetti fissi che potrebbero avere degli effetti sull'impatto complessivo;
- **FE2** aggiunge alla stima precedente le variabili dummy Tempo, Dimensione e Settore Industriale;
- **FE3** aggiunge alla FE2 anche dei controlli sui trend temporali per Dimensione, Paese e Settore industriale;
- **FE4** completa la stima precedente con un controllo sul Grado di intensità di capitale, ovvero sul rapporto capitale/lavoro. Quest'ultimo controllo è molto

importante perché le imprese che sviluppano sistemi di IA sono solitamente molto capital intensive, perciò è necessario verificare che effettivamente ci sia un impatto aggiuntivo dato dall'IA, che è a sua volta una tecnologia ad alto contenuto di capitale.

Dai risultati riportati nella tabella 5.4 è possibile vedere come, sebbene con delle stime OLS lo sviluppo di tecnologie di IA sembrerebbe impattare negativamente sulla crescita dell'occupazione, andando ad effettuare delle stime più robuste e considerando l'eterogeneità fissa non osservata delle imprese, il risultato sembrerebbe ribaltarsi, mostrando una crescita dell'occupazione con lo sviluppo di questi sistemi. Va però detto che quest'impatto positivo sembra perdere di significatività (p value=13%) quando viene controllato anche il grado di intensità di capitale dell'impresa. Questo potrebbe essere dovuto, in primo luogo, al fatto che le imprese che sviluppano sistemi di IA sono molto capital intensive e quindi l'effetto aggiuntivo di sviluppare IA non genera effetti differenziali sulla crescita occupazionale. In secondo luogo, le imprese che sviluppano IA nel campione di riferimento sono poche rispetto a quelle totali presenti e le domande di brevetto relative all'IA presentate da queste aziende sono ancora poche, soprattutto per via degli anni in cui ci si è concentrati per effettuare quest'analisi.

Per cui in generale sembrerebbe non emergere un impatto dovuto allo sviluppo di sistemi di IA sulla crescita percentuale dell'occupazione delle aziende. È tuttavia possibile vedere se emergono dei risultati per gruppi di aziende con delle caratteristiche comuni effettuando un'analisi per campioni separati. Nella tabella 5.5, realizzata utilizzando la stessa specificazione con cui è stata eseguita la stima FE4, si osserva infatti un impatto significativo e positivo dello sviluppo di sistemi di IA sulla crescita occupazionale delle imprese per alcuni sottogruppi presenti nel campione.

Dividendo le imprese in relazione all'età, sulla base dell'anno di costituzione, l'impatto è significativo, con un coefficiente stimato pari a 0.923, per gli incumbent. Ciò significa che l'aumento di un punto percentuale dell'intensità dei brevetti di IA genera un aumento del 92,3% sulla crescita percentuale dell'occupazione degli incumbent. Questo probabilmente è dovuto al fatto che lo sviluppo di questi sistemi è basato sul possesso di dati, che ora sono posseduti soprattutto dagli incumbent, che hanno posto delle notevoli barriere all'ingresso nel mercato dei sistemi di IA. Inoltre, l'analisi è concentrata su coloro che sviluppano sistemi di IA, per cui essendo ancora un mondo tutto da esplorare gli incumbent hanno bisogno di assumere personale, soprattutto quello specializzato nella conoscenza di tecnologie 4.0 per poter dare origine sempre a maggiori innovazioni da introdurre sul mercato.

È stata poi valutata la dimensione delle imprese sulla base del numero di dipendenti. Va ricordato che tutte le aziende presenti nel campione hanno un numero

maggiore di 250 dipendenti. In questo caso viene fatta una distinzione aggiuntiva tra grandi, con numero di dipendenti compreso tra 250 e 10000, e molto grandi, con numero di dipendenti maggiore di 10000. In questo caso l'effetto positivo e significativo sembra emergere per le imprese grandi e non per quelle molto grandi. In particolare, l'aumento di un punto percentuale dell'intensità dei brevetti di IA genera un aumento del 149.9% sulla crescita percentuale dell'occupazione delle grandi imprese. Come abbiamo già detto per sviluppare questi sistemi, le imprese grandi hanno bisogno di assumere nuovo personale maggiormente qualificato. Se questo, per le aziende grandi, genera un aumento del numero di dipendenti, per le imprese molto grandi ciò non avviene, probabilmente perché quest'ultime, avendo già un numero enorme di dipendenti, cercano di riallocare il personale già esistente, sottoponendolo magari a dei corsi di formazione specifici per essere in grado di sviluppare questi sistemi. Inoltre seppur qualche specialista del settore viene aggiunto, questo non impatta sulla crescita occupazionale dato l'elevato numero totale di dipendenti.

Infine, è stato valutato l'impatto sui vari settori industriali. Lo sviluppo di sistemi di IA impatta positivamente sulla crescita occupazionale sia del settore secondario, che di quello terziario. Ciò probabilmente è dovuto al fatto che lo sviluppo di questi sistemi infatti non è correlato al settore di appartenenza, in quanto sono basati su algoritmi che possono essere utilizzati su più domini anche molto distanti, si parla spesso infatti di questi sistemi come General-Purpose Technology (GPT), come descritto nel capitolo 3. L'impatto è però maggiore per quello secondario, rappresentato dalla manifattura, infatti l'aumento di un punto percentuale dell'intensità dei brevetti di IA genera un aumento del 141,5% sulla crescita percentuale dell'occupazione di tali imprese. L'impatto è, invece, inferiore per il settore terziario (coefficiente stimato 0.540). Infatti, andando a valutare l'effetto sul tipo di industria, tra tutte le società di servizi, l'impatto positivo sembra emergere solo nelle aziende di commercio all'ingrosso e al dettaglio e in quelle di riparazione di autoveicoli e motocicli (coefficiente stimato 13.048). L'impatto differenziato tra i diversi tipi di industria, è però probabilmente dovuto alla non omogeneità del campione di riferimento, in quanto le industrie del settore manifatturiero sono molto maggiori rispetto alle altre.

Tabella 5.4. Risultati: impatto dello sviluppo di sistemi IA sulla crescita occupazionale delle imprese

	OLS1	OLS2	OLS3	FE1	FE2	FE3	FE4
Intensità di IA sullo stock totale a t-1	-0.287** (0.135)	-0.354** (0.161)	-0.266*** (0.152)	1.309** (0.557)	1.373** (0.557)	0.921** (0.423)	0.715 (0.477)
Stock deflazionato dei brevetti 4.0 non IA (log) a t-1	0.007** (0.003)	-0.001 (0.002)	-0.002 (0.002)	0.034*** (0.021)	0.032 (0.021)	0.010 (0.013)	0.010 (0.013)
Stock deflazionato dei brevetti totali (log) a t-1	-0.008** (0.003)	-0.014* (0.005)	-0.014* (0.005)	-0.441* (0.124)	-0.458* (0.131)	-0.302* (0.075)	-0.304* (0.075)
Grado di intangibilità degli asset a t-1	-	-	-0.043 (0.029)	-0.075 (0.198)	-0.080 (0.200)	-0.066 (0.193)	-0.084 (0.194)
Grado di intensità di capitale a t-1	-	-	-	-	-	-	0.0006*** (0.0003)
Tempo	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Corporate	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Dimensione	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Paese	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Settore industriale	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Età dell'impresa	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Tempo*Dimensione	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI
Tempo*Settore industriale	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI
Tempo*Paese	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI

*: p value < 1%

**: 1% < p value < 5%

***: 5% < p value < 10%

Tabella 5.5. Risultati analisi per campioni separati

Età dell'impresa		
Intensità di IA sullo stock totale a t-1*incumbent	0.923**	(0.401)
Intensità di IA sullo stock totale a t-1*new entrant	-5.562	(10.581)
Dimensione dell'impresa		
Intensità di IA sullo stock totale a t-1*imprese grandi	1.499*	(0.514)
Intensità di IA sullo stock totale a t-1*imprese molto grandi	0.487	(0.693)
Settore industriale di appartenenza		
Intensità di IA sullo stock totale a t-1*settore secondario	1.415**	(0.587)
Intensità di IA sullo stock totale a t-1* settore terziario	0.540**	(0.244)
Tipo di industria		
Intensità di IA sullo stock totale a t-1*manifattura	1.415**	(0.587)
Intensità di IA sullo stock totale a t-1*commercio all'ingrosso e al dettaglio & riparazione di autoveicoli e motocicli	13.048***	(7.039)
Intensità di IA sullo stock totale a t-1* attività professionali scientifiche e tecniche	1.936	(3.303)
Intensità di IA sullo stock totale a t-1*informazioni e comunicazioni	-4.579	(6.062)
Intensità di IA sullo stock totale a t-1* fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata	0.432	(0.446)

¹ Incumbent: imprese con anno di costituzione compreso tra il 1689 e il 2000;

² New entrant: imprese con anno di costituzione dal 2001 in poi;

³ Imprese grandi: numero di dipendenti compreso tra 250 e 10000;

⁴ Imprese molto grandi: numero di dipendenti maggiore di 10000;

*: p value < 1%

** : 1% < p value < 5%

***: 5% < p value < 10%

5.4.2 Impatto dell'IA sulla crescita della produttività delle imprese

La tabella 5.6 riporta i risultati per varie specifiche dell'equazione 5.1 rispetto alla variabile crescita percentuale della produttività delle imprese.

In particolare, nelle prime 2 colonne sono riportati i risultati della stima OLS, mentre le ultime 5 mostrano gli effetti ottenuti con delle stime FE. Anche in questo caso, si parte da alcuni controlli base, che via via diventano sempre di più per avere delle analisi che siano il più robuste possibile. Tra le tante regressioni effettuate, nella tabella 5.6 sono presenti le più significative:

- **OLS1** considera solo il regressore di interesse, ovvero l'intensità di IA sullo stock totale a $t-1$, seguito da altri controlli a livello di brevetto;
- **OLS2** aggiunge alla stima precedente tutti i controlli a livello di impresa inseribili mediante variabili dummy e il Grado di intagibilità degli asset;
- **FE1** riporta la stessa specificazione della OLS2, ma andando a prendere in considerazione anche gli effetti fissi che potrebbero avere degli effetti sull'impatto complessivo;
- **FE2** aggiunge alla stima precedente il controllo su uno dei tre trend analizzati, ovvero quello per anno e dimensione dell'impresa;
- **FE3** aggiunge alla FE2 il controllo sul Grado di intensità di capitale;
- **FE4** considera i trend mancanti (Tempo*Settore Industriale e Tempo*Paese);
- **FE5** riporta la stessa specificazione della FE4, ma utilizzando un lag di 2 anni per le variabili indipendenti. Ciò serve per valutare degli effetti di più lungo periodo, che con un lag di 1 anno non sono analizzabili.

Da questa analisi, è possibile affermare che, inizialmente sembrerebbe emergere un effetto positivo dello sviluppo di sistemi di IA sulla crescita percentuale della produttività nel breve periodo, anche valutando il grado di intensità di capitale (specificazione FE3). Andando però ad aggiungere dei controlli più specifici sui trend temporali, tale effetto perde di significatività (p value =13%). Probabilmente ciò è dovuto al fatto che controllando per le tendenze temporali rispetto a paese e dimensione, si colgono degli effetti che prima non erano stati considerati. Ad esempio, solo nel 2012, un'unica azienda giapponese ha presentato domanda per ben 26 brevetti. Il Giappone, infatti, è il Paese con il maggior numero di brevetti di IA pubblicati.

Valutando però degli effetti di più lungo periodo, è possibile cogliere un impatto positivo e significativo, con coefficiente pari a 0.613. Ciò significa che un aumento

oggi di un punto percentuale dell'intensità dei brevetti di sistemi di IA sul totale, genera tra 2 anni un aumento della produttività del 61,3%. Perciò, molte aziende sono comunque incentivate a brevettare questi sistemi, seppur riescono a vedere i primi effetti del loro sviluppo con il passare di qualche anno. Questo è dovuto al fatto che si tratta di sistemi molto complessi e la cui implementazione nella struttura organizzativa non è semplice, ma richiede molto tempo e vari step affinché sia di successo. Gli anni di interesse sono infatti quelli in cui si sono sviluppate le prime tecnologie IA, quindi anche gli anni in cui l'innovazione del modello di business era ancora agli esordi.

Anche in questo caso, nella tabella 5.7 è stata effettuata un'analisi per campioni separati, utilizzando la specificazione FE5, per vedere se emergono degli effetti particolare in qualche sottogruppo con delle caratteristiche comuni. A differenza però dell'analisi precedente, qui non emerge nessun impatto differenziale, se non per le imprese di fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata che sembrano avere un effetto opposto rispetto all'impatto generale. Un aumento di un punto percentuale dell'intensità di IA genera infatti una riduzione del 100% della produttività di queste aziende. Una spiegazione plausibile di questo fenomeno potrebbe essere il fatto che l'introduzione di algoritmi di IA che monitorizzano e riducono il consumo di energia, gas, ecc., impatta negativamente sulla produzione e la conseguente distribuzione di energia da parte di queste aziende.

Tabella 5.6. Risultati: impatto dello sviluppo di sistemi IA sulla crescita della produttività delle imprese

variabili al tempo	OLS1		OLS2		FE1		FE2		FE3		FE4		FE5	
	t-1	t-1	t-1	t-1	t-1	t-1	t-1	t-1	t-1	t-1	t-1	t-1	t-2	t-2
Intensità di IA sullo stock totale a t-1	-0.112 (0.267)	0.058 (0.200)	0.334 (0.307)	0.260 (0.312)	0.650*** (0.344)	0.400 (0.294)	0.613** (0.314)							
Stock deflazionato dei brevetti 4.0 non IA (log) a t-1	-0.002 (0.003)	-0.005 (0.003)	-0.001 (0.011)	-0.001 (0.011)	-0.001 (0.011)	-0.005 (0.011)	-0.004 (0.010)							
Stock deflazionato dei brevetti totali (log) a t-1	0.0003 (0.002)	0.002 (0.003)	-0.044** (0.019)	-0.043** (0.019)	-0.041** (0.018)	-0.028 (0.017)	-0.009 (0.019)							
Grado di intangibilità degli asset a t-1	-	0.0009 (0.014)	0.075 (0.071)	0.077 (0.071)	0.067 (0.071)	0.053 (0.070)	-0.083 (0.075)							
Grado di intensità di capitale a t-1	-	-	-	-	-0.0004 (0.0001)	-0.0002 (0.0001)	-0.0006 (0.0001)							
Tempo	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI							
Corporate	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI							
Dimensione	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI							
Paese	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI							
Settore industriale	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI							
Età dell'impresa	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI							
Tempo*Dimensione	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO							
Tempo*Settore industriale	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO							
Tempo*Paese	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO							

*: p value < 1%

**: 1% < p value < 5%

***: 5% < p value < 10%

Tabella 5.7. Risultati: Analisi per campioni separati

Età dell'impresa		
Intensità di IA sullo stock totale a t-1*incumbent ¹	0.376	(0.316)
Intensità di IA sullo stock totale a t-1*new entrant ²	5.819	(6.167)
Dimensione dell'impresa		
Intensità di IA sullo stock totale a t-1*imprese grandi ³	0.688	(0.652)
Intensità di IA sullo stock totale a t-1*imprese molto grandi ⁴	0.677	(0.314)
Settore industriale di appartenenza		
Intensità di IA sullo stock totale a t-1*settore secondario	0.523	(0.652)
Intensità di IA sullo stock totale a t-1* settore terziario	0.479	(0.378)
Tipo di industria		
Intensità di IA sullo stock totale a t-1*manifattura	0.523	(0.652)
Intensità di IA sullo stock totale a t-1*commercio all'ingrosso e al dettaglio & riparazione di autoveicoli e motocicli	6.711	(8.941)
Intensità di IA sullo stock totale a t-1* attività professionali scientifiche e tecniche	6.914	(4.781)
Intensità di IA sullo stock totale a t-1* informazioni & comunicazioni	-466.889	(807.804)
Intensità di IA sullo stock totale a t-1* fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata	-1.006*	(0.230)

¹ Incumbent: imprese con anno di costituzione compreso tra il 1689 e il 2000;

² New entrant: imprese con anno di costituzione dal 2001 in poi;

³ Imprese grandi: numero di dipendenti compreso tra 250 e 10000;

⁴ Imprese molto grandi: numero di dipendenti maggiore di 10000;

*: p value <1%

** : 1% < p value < 5%

***: 5% < p value < 10%

5.4.3 Impatto dell'IA sulla redditività delle imprese

La tabella 5.8 riporta i risultati per varie specifiche dell'equazione 5.1 rispetto alla variabile crescita percentuale della redditività delle imprese

In particolare, nelle prime 3 colonne sono riportati i risultati della stima OLS, mentre le ultime 3 mostrano gli effetti ottenuti con delle stime FE. Sono state effettuate moltissime analisi, nella tabella 5.8 sono presenti le più significative:

- **OLS1** considera solo il regressore di interesse, ovvero l'Intensità di IA sullo stock totale a $t-1$, seguito da altri controlli a livello di brevetto;
- **OLS2** aggiunge alla stima precedente tutte le variabili dummy a livello di impresa;
- **OLS3** completa la OLS2 con un controllo sul grado di intagibilità degli asset;
- **FE1** riporta la stessa specificazione della OLS3, ma andando a prendere in considerazione anche gli effetti fissi che potrebbero avere degli effetti sull'impatto complessivo;
- **FE2** aggiunge alla FE2 anche dei controlli sui trend temporali per dimensione, paese e settore industriale;
- **FE3** completa la stima precedente con un controllo sul grado di intensità di capitale.

Dai risultati ottenuti è possibile affermare che non emerge nessun impatto significativo sulla crescita della redditività delle imprese per effetto dello sviluppo di sistemi di IA. Ciò può dipendere dal fatto che lo sviluppo di questi sistemi è molto costoso e non si ha un lasso di tempo abbastanza grande da vederne dei benefici in termini di redditività dell'impresa.

Tabella 5.8. Risultati: impatto dello sviluppo di sistemi IA sulla redditività delle imprese

	OLS1	OLS2	OLS3	FE1	FE2	FE3
Intensità di IA sullo stock totale	-5.245 (4.00)	-4.149 (4.352)	-5.120 (4.438)	6.559 (6.096)	14.164 (9.877)	3.381 (9.184)
Stock deflazionato dei brevetti 4.0 non IA (log)	0.146 (0.083)	0.174*** (0.095)	0.182*** (0.097)	0.080 (0.253)	-0.105 (0.335)	0.044 (0.288)
Stock deflazionato dei brevetti totali (log)	-0.026 (0.065)	0.007 (0.070)	0.007 (0.070)	0.521 (0.420)	1.288 (0.972)	0.875 (0.821)
Grado di intangibilità degli asset	-	-	-0.463 (0.338)	1.153 (1.415)	3.107 (1.682)	1.553 (1.466)
Grado di intensità di capitale	-	-	-	-	-	0.006 (0.006)
Tempo Corporate	NO	SI	SI	SI	SI	SI
Dimensione Paese	NO	SI	SI	SI	SI	SI
Età dell'impresa	NO	SI	SI	SI	SI	SI
Tempo*Dimensione	NO	NO	NO	NO	SI	SI
Tempo*Settore industriale	NO	NO	NO	NO	SI	SI
Tempo*Paese	NO	NO	NO	NO	SI	SI

*: p value < 1%
 **: 1% < p value < 5%
 ***: 5% < p value < 10%

Capitolo 6

Conclusione

La diffusione dell'intelligenza artificiale sta profondamente cambiando la struttura organizzativa di numerose aziende, che scelgono di sostituire il proprio personale con sistemi automatizzati e intelligenti per numerose attività del ciclo produttivo. Non bisogna però commettere l'errore di pensare che basti introdurre questi sistemi nelle proprie attività per aumentare il proprio vantaggio competitivo e per essere più produttivi e redditizi. Di fatti, l'adozione di questi sistemi comporta una modifica del proprio Business Model e proprio per questo bisogna essere consapevoli del valore introdotto sul mercato e di come gli strumenti di IA possano essere utilizzati per aumentare tale offerta. A tal proposito, è importante seguire un percorso di implementazione caratterizzato da più fasi che permette di raggiungere una maggiore consapevolezza della proprie attività core, dei sistemi di IA e dell'ecosistema aziendale. Non basta infatti comprendere solo ciò che è all'interno del proprio perimetro aziendale, ma è necessario guardare anche all'esterno: in particolare ai propri competitor, per capire come differenziare la propria offerta ed essere unici nei propri prodotti e agli stakeholder e ai clienti, per coglierne le esigenze e soddisfarne le aspettative.

Seppur questa sostituzione inizialmente genera un aumento del tasso di disoccupazione, causato dal displacement effect, attraverso un'azione mirata da parte delle istituzioni, che favorisca la creazione di nuovi compiti e lo sviluppo delle adeguate conoscenze, è possibile nel tempo ritornare ad una situazione di equilibrio occupazionale, caratterizzata da una stretta collaborazione tra uomo e macchina. Le forze politiche sono infatti un fattore determinante per la diffusione di queste tecnologie; le imprese, solo grazie ad un'attenta regolamentazione sulla privacy e sulla responsabilità, saranno sempre più invogliate a dotarsi di questi sistemi. Senza tali leggi le aziende potrebbero essere frenate nell'inserimento di tali algoritmi all'interno delle loro operazioni a causa degli alti rischi derivanti, ad esempio dall'incertezza dell'esito dei casi di illecito.

Non solo, i governi dovranno cercare di limitare le barriere all'ingresso, legate al possesso dei dati, poste dagli incumbent del settore, per favorire lo sviluppo e il progredire di questi nuovi sistemi anche dai new entrant. Ciò è fondamentale per introdurre sul mercato degli algoritmi che siano affidabili, promuovendo così l'innovazione. Da questo punto di vista una collaborazione uomo-macchina potrebbe effettivamente essere un fattore positivo per lo sviluppo di tecnologie innovative. In effetti, i lavoratori, non occupandosi più di attività routinarie, possono essere impiegati in mansioni cognitive che facilitano la generazione di nuove idee.

Essendo ancora i primi anni di diffusione di questi nuovi sistemi è ancora difficile avere dei dati basati sugli effetti della loro adozione. È stato perciò effettuato uno studio che esamina l'impatto sulla crescita dell'azienda dello sviluppo degli algoritmi di IA, valutato mediante le domande di brevetti presentate presso l'EPO. Tale lavoro si basa su un dataset costituito da 1193 grandi imprese del settore privato (ad eccezione di quelle agricole e finanziarie) con sede negli Stati Uniti (US), Germania (DE), Giappone (JP), Italia (IT), Regno Unito (GB), Corea del Sud (KR), Francia (FR), Belgio (BE), Svezia (SE), Finlandia (FI), Spagna (ES), Paesi Bassi (NL), Cina (CN) o Austria (AT). Mediante l'utilizzo del software STATA è stato dimostrato come lo sviluppo di sistemi di IA generi, nel lungo periodo, una crescita della produttività aziendale. Nel breve periodo invece l'impatto non risulta significativo, probabilmente per il lungo processo di implementazione nelle aziende dei nuovi sistemi sviluppati. Lo studio è stato infatti basato su un arco temporale molto breve (2009-2014), coincidente con l'introduzione sul mercato dei primi sistemi di IA e la quasi assenza di studi che coadiuvassero le imprese nell'adozione degli stessi. Per questi stessi motivi e per gli alti costi sostenuti non è emerso nessun impatto sulla crescita della redditività delle aziende.

Diverso da quello che si potrebbe aspettare è invece l'impatto sulla crescita occupazionale dovuto allo sviluppo dei sistemi IA. Sebbene infatti non emerga un effetto significativo complessivo, facendo un'analisi per campioni separati, emerge che alcuni sottogruppi di imprese sono caratterizzati da una crescita positiva dell'occupazione. Ovviamente ciò è dovuto al fatto che si tratta di aziende che sviluppano questi sistemi e poiché sono tecnologie nuove, c'è bisogno di assumere personale giovane e competente che permetta di dar vita a delle innovazioni. Non solo, queste assunzioni sono indispensabili per la formazione degli addetti che già precedentemente erano all'interno dell'impresa e che, sebbene siano esperti nelle attività core dell'azienda, sono privi di conoscenze specifiche per questi nuovi algoritmi.

Per quanto questo studio abbia prodotto dei risultati interessanti, c'è ancora tanto da analizzare rispetto a queste nuove tecnologie. I risultati ottenuti sono infatti limitati da un dataset caratterizzato da un periodo di interesse troppo breve

e coincidente con l'introduzione di questi nuovi sistemi sul mercato. Si consiglia perciò in futuro di condurre nuove analisi su dataset aggiornati e che siano inoltre creati specificatamente per l'analisi dei sistemi di IA. Questo è importante perché il campione di riferimento, nello studio in questione, non era ben costituito: solo 82 aziende delle 1193 presenti hanno presentato domanda di brevetto all'EPO per innovazioni riguardanti l'IA.

Probabilmente, per poter valutare al meglio l'impatto dello sviluppo di questi algoritmi sulle performance o sulla crescita dell'azienda, sarebbe più opportuno estendere la ricerca e considerare altri uffici brevettuali. Questo suggerimento nasce dal fatto che nell'analisi è emerso che l'Europa, tra i tre continenti analizzati, non è quello che ha investito maggiormente nell'introduzione di questi nuovi sistemi. Ampliando il campione di riferimento si potrebbero dunque evidenziare dei fenomeni interessanti che si manifestano a seguito dello sviluppo di queste tecnologie, i quali limitando l'analisi alle sole domande depositate presso l'EPO, potrebbero non emergere.

Si vuole concludere consigliando di valutare sperimentalmente non solo l'impatto dello sviluppo dei sistemi di IA, ma anche della loro adozione. Ciò infatti sarà possibile quando un numero sufficiente di aziende avrà implementato questi nuovi sistemi nel proprio Business Model e permetterà di valutare se quanto anticipato da un punto di vista teorico sarà effettivamente ciò che avverrà nella realtà.

Bibliografia

- Abadi, M., Barham, P., Chen, J., Chen, Z., Davis, A., Dean, J., Devin, M., Ghemawat, S., Irving, G., Isard, M. & Kudlur, M. (2016), ‘Tensorflow: a system for large-scale machine learning’, *OSDI* .
- Abrardi, L., Cambini, C. & Rondi, L. (2020), ‘Artificial Intelligence, Firms and Consumer Behavior: a Survey’.
- Accenture PLC (2017), ‘How Companies Are Reimagining Business Processes With IT’.
URL: <https://sloanreview.mit.edu/article/will-ai-create-as-many-jobs-as-it-eliminates/>
- Acemoglu, D., Akcigit, U., Alp, H., Bloom, N. & Kerr, W. (2013), ‘Innovation, Reallocation, and Growth’, *Entrepreneurship* .
- Acemoglu, D. & Restrepo, P. (2016), ‘The Race Between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment’, *Information Systems & Economics eJournal* .
- Acemoglu, D. & Restrepo, P. (2018), ‘Artificial Intelligence, Automation and Work’, *NBER Working Paper Series* .
- Acemoglu, D. & Restrepo, P. (2020), ‘The wrong kind of AI? Artificial intelligence and the future of labour demand’, *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society* .
- Agrawal, A., Gans, J. & Goldfarb, A. (2018a), ‘Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence’, *Harvard Business Review* .
- Agrawal, A., Gans, J. & Goldfarb, A. (2019), ‘Artificial Intelligence: The Ambiguous Labor Market Impact of Automating Prediction’, *Journal of Economic Perspectives* **33**(2), 31—50.
- Agrawal, A. K., Gans, J. S. & Goldfarb, A. (2018b), ‘Economic Policy for Artificial Intelligence’, *Innovation Policy and the Economy* **19**, 139 – 159.

- Amigoni, F., Schiaffonati, V. & Somalvico, M. (2008), 'Intelligenza artificiale'.
URL: http://www.treccani.it/enciclopedia/intelligenza-artificiale_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/
- Autor, D. (2015), 'Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation', *Journal of Economic Perspectives* **29**(3), 3–30.
- Autor, D., Levy, F. & Murnane, R. J. (2003), 'The Skill Content Of Recent Technological Change: An Empirical Exploration', *The Quarterly Journal of Economics* .
- Benassi, M., Grinza, E., Rentocchini, F. & Rondi, L. (2020), 'Going Revolutionary: The Impact of 4IR Technology Development on Firm Performance', *SPRU Working Paper Series* .
- Beramini, M. (2019), 'Intelligenza Artificiale e Robotica Uno sviluppo inarrestabile'.
URL: <https://mondointernazionale.com/intelligenza-artificiale-e-robotica>
- Berryhill, J., Heang, K. K., Clogher, R. & McBride, K. (2019), 'Hello, World: Artificial intelligence and its use in the public sectorr'.
- Biason, K. (2018), 'Is a "code of conduct" legally binding?'.
URL: <https://legalvision.com.au/is-a-code-of-conductlegally-binding/>
- Bottaro, S. (2019), 'Sulla via di casa: dalla internazionalizzazione della produzione al Backshoring. Il Caso Safilo Group S.p.a'.
- Bresnahan, T. F. and Trajtenberg, M. (1992), 'General Purpose Technologies "Engines of Growth?"', *National Bureau of Economic Research* .
- Casilli, A. & Posada, J. (2019), *The Platformization of Labor and Society*, pp. 293–306.
- Cockburn, I. M., Henderson, R. & Stern, S. (2018), 'The Impact of Artificial Intelligence on Innovation', *Entrepreneurship* .
- Commissione Europea (2018a), 'Artificial Intelligence for Europe'.
- Commissione Europea (2018b), 'Ethics Guidelines for Trustworthy AI'.
- Commissione Europea (2019), 'Building Trust in Human-Centric Artificial Intelligence'.
- Commissione Europea (2020), 'A European approach to excellence and trust'.

- Cooney, M. (2020).
URL: <https://www.networkworld.com/article/3544025/junipers-big-push-ai-in-all-areas-of-enterprise-networking.html>
- De Agostini, M. (2020), 'Intelligenza Artificiale, l'Italia si dota di una strategia che mette l'uomo al centro'.
URL: https://www.hwupgrade.it/news/scienza-tecnologia/intelligenza-artificiale-l-italia-si-dota-di-una-strategia-che-mette-l-uomo-al-centro_90571.html
- Dubal, V. (2020), 'The Time Politics of Home-Based Digital Piecework', *SSRN Electronic Journal* .
- ELTEK (n.d.).
URL: <http://www.eltekgroup.com/>
- Erdélyi, O. J. & Goldsmith, J. (2020), 'Regulating Artificial Intelligence: Proposal for a Global Solution', *Proceedings of the 2018 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society* .
- Ernst, E., Merola, R. & Samaan, D. (2019), 'Economics of Artificial Intelligence: Implications for the Future of Work', *IZA Journal of Labor Policy* .
- Falconi, M. (2017).
URL: <https://www.intelligenzaartificiale.it/>
- Fitzgerald, S., Parker, R., Ng, S., Carter, P., Dunbrack, L., Hand, L., Findling, S., Versace, M., Knickle, K. & Prouty, K. (2017), 'IDC FutureScape: Worldwide Digital Transformation 2018 Predictions'.
- Fonseca, T., De Faria, P. & Lima, F. (2019), 'Human capital and innovation: the importance of the optimal organizational task structure', *Research Policy* **48**, 616–627.
- Furman, J. & Seamans, R. (2018), 'AI and the Economy', *Innovation Policy and the Economy* **19**, 161 – 191.
- Gassmann, O., Frankenberger, K. & Sauer, R. (2017), 'A Primer on Theoretically Exploring the Field of Business Model Innovation'.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. & Bengio, Y. (2016), *Deep Learning*, MIT Press.
- Graham, M. & Woodcock, J. (2018), 'Towards a Fairer Platform Economy: Introducing the Fairwork Foundation', *Alternate routes: a journal of Critical Social Research* **29**.

- Haney, A. (2020a), ‘Will robots take our jobs?: The effects of artificial intelligence on high-skilled Canadians’.
- Haney, B. S. (2020b), ‘Applied Artificial Intelligence in Modern Warfare and National Security Policy’.
- Hoffman, M., Kahn, L. B. & Li, D. (2018), ‘Discretion in Hiring’, *NBER Working Paper Series* .
- Jacona, A. (2020), ‘Intelligenza artificiale, l’Italia ha un piano’.
URL: https://www.ansa.it/osservatorio_intelligenza_artificiale/notizie/societa/2020/07/02/intelligenza-artificiale-litalia-ha-un-piano_3322c5a5-efac-4b25-a151-2d045693f059.html
- Jin, G. Z. (2018), ‘Artificial Intelligence and Consumer Privacy’, *NBER Working Paper Series* .
- Kambria (2019).
URL: <https://kambria.io/blog/about-kambria/>
- Kittura, A., Yub, L., Hopec, T., Chand, J., Lifshitz-Assafe, H., Gilonc, K., Nga, F., Krauta, R. E. & Shahafc, D. (2018), ‘Scaling up analogical innovation with crowds and AI’, *Proceedings of the National Academy of Sciences* **116**, 1870 – 1877.
- Korinek, A. & Stiglitz, J. (2017), ‘Artificial Intelligence and Its Implications for Income Distribution and Unemployment’, *Machine Learning eJournal* .
- Lambrecht, A. & Tucker, C. (2018), ‘Algorithmic bias? An empirical study into apparent gender-based discrimination in the display of STEM career ads’, *Management Science* **65**, 2966–2981.
- Lee, J., Suh, T., Roy, D. & Baucus, M. (2019), ‘Emerging Technology and Business Model Innovation: The Case of Artificial Intelligence’.
- Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P. & Dewhurst, M. (2017), ‘A future that works: automation, employment, and productivity’, *Mckinsey Global Institute* .
- McGinnis, J. (2010), ‘Accelerating AI’.
- MedImaging International (2018).
URL: <https://www.medimaging.net/rsna-2018/articles/294775852/agfa-brings-intelligent-radiography-to-rsna-2018.html>
- Ministero dello Sviluppo Economico (2020a), ‘Piano nazionale Industria 4.0’.

- Ministero dello Sviluppo Economico (2020b), ‘Proposte per una strategia italiana per l’intelligenza artificiale’.
- Motohashi, K. (2018), ‘Understanding AI Driven Innovation by Linked Database of Scientific Articles and Patents’.
- Naudè, W. & Nagler, P. (2015), ‘Industrialisation, Innovation, Inclusion’.
- Nippon Signal Co., LTD. (n.d.).
URL: <https://www.signal.co.jp/english/>
- Nir Jaimovich, N. & Siu, H. E. (2020), ‘Job Polarization and Jobless Recoveries’, *Review of Economics and Statistics* **102**, 129–147.
- Onda, K. (2019).
URL: <https://pulsenews.co.kr/view.php?year=2019&no=846834>
- Perego, A., Tubaro, S., Miragliotta, G., Gatti, N., Restelli, M., Roveri, M., Piva, A., Garavaglia, S., Leccardi, F., Negri, C., Zanelli, M., Broggi, M., Italiano, A. & Troiano, G. (2019), ‘Artificial Intelligence: on your marks!’.
- Phelps, E. S. (1997), ‘Rewarding Work: How to Restore Participation and Self-Support to Free Enterprise, With a New Preface’.
- Poell, T., David, N. & Van Dijck, J. (2019), ‘Platformisation’, *Policy review Volume 8*.
- Polusmakova, N. & Glushchenko, M. (2020), ‘Impact of artificial intelligence and industrial automation on territorial development: strategic guidelines’.
- Ponce Del Castillo, A. (2020), ‘Labour in the Age of AI: Why Regulation is Needed to Protect Workers’, *Macroeconomics: Employment*.
- Posada, J. (2020), ‘The Future of Work Is Here: Toward a Comprehensive Approach to Artificial Intelligence and Labour’, *ArXiv abs/2007.05843*.
- Prassl, J. (2018), *Humans as a Service: The Promise and Perils of Work in the Gig Economy*.
- Ransbotham, S., Khodabandeh, S., Fehling, R., Lafountain, B. & Kiron, D. (2019), ‘Winning with AI’, *MIT Sloan Management Review*.
- Redazione ANSA (2020), ‘In Italia mercato Intelligenza Artificiale vale 200 mln di euro’.
URL: https://www.ansa.it/sito/notizie/tecnologia/hitech/2020/02/20/in-italia-mercati-ai-vale-200-mln-euro_774cd363-0822-4c3c-ba9a-618ffcca4205.html

- Redazione di criteo (2019), ‘Intelligenza Artificiale in Italia: un mercato agli albori’.
URL: <https://www.criteo.com/it/blog/intelligenza-artificiale-in-italia-un-mercato-agli-albori/>
- Redazione di Impactscool (2019), ‘Stop alla corruzione grazie all’intelligenza artificiale’.
URL: <https://magazine.impactscool.com/future-society/stop-alla-corruzione-grazie-allintelligenza-artificiale/>
- Redazione osservatori digital innovation (2019), ‘Storia dell’Intelligenza Artificiale: da Turing ai giorni nostri’.
URL: https://blog.osservatori.net/it_it/storia-intelligenza-artificiale
- Reed, C. (2018), ‘How should we regulate artificial intelligence?’, *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* **376**.
- Reim, W., Åström, J. & Eriksson, O. (2020), ‘Implementation of Artificial Intelligence (AI): A Roadmap for Business Model Innovation’, *Artificial Intelligence* **1**, 180–191.
- Romani, S. (2020), ‘Il reshoring : la percezione del consumatore e suoi effetti sul mercato’.
URL: <https://open.luiss.it/2020/02/03/il-reshoring-la-percezione-del-consumatore-e-suoi-effetti-sul-mercato>
- Schneider Electric (n.d.).
URL: <https://ai.se.com/>
- Scotchmer, S. (1991), ‘Standing on the Shoulders of Giants: Cumulative Research and the Patent Law’, *Journal of Economic Perspectives* **5**, 29–41.
- Shekhawat, V. (2020), ‘Governing through Artificial Intelligence Driven Policy Processes’, *International Journal of Law Management & Humanities* .
- Slack, N., Brandon-Jones, A. & Johnston, R. (2016), *Operations Management*.
- Soni, N., Sharma¹, E. K., Singh, N. & Kapoor, A. (2019), ‘Impact of Artificial Intelligence on Businesses: from Research, Innovation, Market Deployment to Future Shifts in Business Models’, *ArXiv* **abs/1905.02092**.
- Taddeo, M. & Floridi, L. (2018), ‘Regulate artificial intelligence to avert cyber arms race’, *Nature* **556**, 296–298.

- Tucker, C. (2018), 'Privacy, Algorithms, and Artificial Intelligence'.
- UNCTAD (2016), 'Robots and Industrialization in Developing Countries'.
- Webster, G., Triolo, P., Kania, E. & Creemers, R. (2017), 'A Next Generation Artificial Intelligence Development Plan'.
- Wikipedia (n.d.).
URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Genomic_Health
- Wood, A. J., Lehdonvirta, V. & Graham, M. (2018), 'Workers of the Internet unite? Online freelancer organisation among remote gig economy workers in six Asian and African countries', *New Technology, Work and Employment* **33**, 95–112.
- Yanmar Co., L. (2020).
URL: <https://www.yanmar.com/global/marinecommercial/news/2020/01/09/-67341.html>
- Yokogawa (n.d.).
URL: <https://www.yokogawa.com/news/press-releases/2020/2020-04-07/>