



DIPARTIMENTO DI IMPRESA E MANAGEMENT
Cattedra di Economia e Gestione delle Imprese

INTELLIGENZA ARTIFICIALE: UN'OPPORTUNITÀ O UNA MINACCIA?

RELATORE

Prof.ssa Maria Isabella Leone

CANDIDATO

Sara Rossi 265221

ANNO ACCADEMICO 2023/2024

Sommario

Sommario	2
Indice delle Tabelle	5
Indice Figure.....	7
Introduzione.....	10
1 CAPITOLO I: Intelligenza Artificiale: origine e definizioni	12
1.1 Cos'è l'Intelligenza Artificiale	12
1.2 Storia dell'IA	15
1.3 Test di Turing.....	20
1.4 Intelligenza Artificiale debole e forte	25
1.5 I moduli di funzionamento: Machine Learning, Deep Learning e le reti neurali	27
1.6 Effetti dello sviluppo ed ambiti applicativi dell'IA.....	33
1.6.1 Effetti	33
1.6.2 Ambiti applicativi	36
2 CAPITOLO II: IA nel lavoro: Opportunità o minaccia?.....	41
2.1 Automazione dei processi aziendali: dall'automazione semplice (RPA) a quella intelligente (IPA).....	41
2.2 Automazione intelligente: vantaggi e sfide per le aziende	50
2.2.1 Premessa	50
2.2.2 Vantaggi conseguibili dalle aziende	51
2.2.3 I rischi dell'automazione intelligente	52
2.2.4 Verso un futuro migliore	53
2.3 Automazione dei processi: gli errori da evitare.....	54
2.3.1 Premessa	54
2.3.2 Errori di approccio e di strategia	54
2.3.3 Errori nell'implementazione dell'automazione	56
2.3.4 Errori nelle valutazioni finali.....	57
2.4 Robotic Process Automation avanzata: come crescono i vantaggi per le aziende	59
2.4.1 RPA: Quali aziende possono ottenere vantaggi maggiori?	59
2.4.2 I vantaggi della Robotic Process Automation	60
2.5 Competenze richieste al personale e strategie per la sua acquisizione.....	63
2.5.1 Competenze preliminari richieste per lavorare con l'IA	64
2.5.2 Come sviluppare nuove competenze	67
2.5.3 Strategie aziendali per l'acquisizione di personale con competenze nell'IA.....	69

2.6 Dalle considerazioni dell'impatto dell'IA nel lavoro alle sue implicazioni sociali ed economiche	72
3 CAPITOLO III: Implicazioni sociali ed economiche conseguenti all'introduzione dell'IA nel mondo del lavoro.....	74
3.1 Riflessioni preliminari sull'impatto dell'IA sulle diverse qualificazioni professionali e Paesi	74
3.2 Esposizione e complementarità del lavoro umano rispetto all'AI.....	77
3.2.1 Quadro concettuale	77
3.2.2 Differenze tra Paesi.....	80
3.2.3 Differenze all'interno del Paese	83
3.3 Ricollocamento dei lavoratori nella trasformazione indotta dall'IA	86
3.4 Intelligenza artificiale, produttività e disparità.....	93
3.5 Preparazione dei Paesi all'uso dell'IA	101
3.6 Considerazioni generali in relazione alla diffusione dell'IA nel mondo del lavoro	106
4 CAPITOLO IV: Effetti della digitalizzazione sull'HR e quadro dell'offerta nel settore dell'IA.....	110
4.1 Premessa	110
4.2 Effetti della digitalizzazione sull'HR	111
4.2.1 Nuove regole per la digitalizzazione HR.....	114
4.2.2 La digitalizzazione e le nuove sfide nella gestione del personale con l'IA	118
4.2.2.1 Cambiamenti nella selezione del personale e nella conduzione di un colloquio nell'era dell'IA	119
4.2.2.2 Vantaggi alla base dell'uso dell'IA nella selezione del personale.....	122
4.2.2.3 La automatizzazione è esente da rischi?	123
4.2.2.4 Rapporto tra trasformazione del recruiting e privacy/diritti dei dipendenti	126
4.2.2.5 La legislazione europea e la AI ACT (Artificial Intelligence Act proposal)	128
4.2.2.6 La selezione del personale avrà ancora necessità del contributo dei recruiters?.....	129
4.3 Consistenza dell'offerta in Italia nel settore dell'IA.....	129
4.3.1 Quadro di settore.....	129
4.3.2 Principali esperienze delle aziende italiane nel settore dell'IA	137
4.4 Panoramica delle più recenti applicazioni dell'IA nei settori industriali/produttivi a livello internazionale.....	144
4.4.1 Applicazione dell'IA nell'Agricoltura.....	145

4.4.2	Applicazione dell'IA nell'Industria	149
4.4.3	Applicazione dell'IA nei Servizi finanziari	152
4.4.4	Applicazione dell'IA nei settori del fisco, sanità e giustizia	153
5	Conclusioni	155
6	Bibliografia	158

Indice delle Tabelle

Tabella 1: Principali aziende italiane del settore dell'IA e composizione del loro fatturato (anno 2022), fonte: Ufficiocamerale 2024	130
Tabella 2: Dati principali della società Aiko S.r.l.	133
Tabella 3: Dati principali della società Almaxwave S.p.A.....	133
Tabella 4: Dati principali della società Contents S.p.A.....	134
Tabella 5: Dati principali della società Cyberoo S.p.A.	134
Tabella 6: Dati principali della società Datrix S.p.A.....	134
Tabella 7: Dati principali della società Engineering Ingegneria Informatica S.p.A.....	134
Tabella 8: Dati principali della società eViso S.p.A.....	135
Tabella 9: Dati principali della società Expert System S.p.A.	135
Tabella 10: Dati principali della società Exprivia S.p.A.	135
Tabella 11: Dati principali della società Ingenius S.r.l.....	135
Tabella 12: Dati principali della società Jobrapido S.r.l.....	136
Tabella 13: Dati principali della società Leonardo S.r.l.	136
Tabella 14: Dati principali della società Neoesperience S.p.A.	136
Tabella 15: Dati principali della società Questit S.r.l. S.r.l.	136
Tabella 16: Dati principali della società Reply S.r.l.....	137
Tabella 17: Dati principali della società Spindox S.p.A.....	137
Tabella 18: Dati principali della società Vedrai S.p.A.	137
Tabella 19: Principali informazioni e collegamenti ai progetti/casi studio della società Expert.ai nel settore dell'intelligenza artificiale.....	139
Tabella 20: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata alla Pubblica Amministrazione	140
Tabella 21: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata al settore Energy & Utilities.....	141
Tabella 22: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata al settore Finance.....	142
Tabella 23: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata al settore Travel Hospitality	142
Tabella 24: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata al settore Healthcare	143

Tabella 25: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata al settore E-Commerce.....	143
Tabella 26: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata al settore GDO.....	143
Tabella 27: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata al Customer Care.....	144
Tabella 28: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata a software specialistici	144

Indice Figure

Figura 1: Esempio di rete neurale semplice, Minini, 2023.....	16
Figura 2: Error back propagation concept, Kalirane, 2023	18
Figura 3: Sistema esperto, Minini, 2023.....	19
Figura 4: Modalità di svolgimento del Test di Turing, Minini, 2023.....	21
Figura 5: Esempio di “Test di Turing”, Minini, 2023	21
Figura 6: Risultati del confronto tra chatbot moderni ed ELIZA, Bai, 2023	24
Figura 7: Relazione tra Intelligenza Artificiale, Machine Learning e Deep Learning, Smartboost.com, 2023	27
Figura 8: Schema di funzionamento del Machine Learning, Minini, 2023.....	28
Figura 9: Machine Learning con supervisione, Minini, 2023	29
Figura 10: Machine Learning senza supervisione, Minini, 2023	29
Figura 11: Machine Learning per rinforzo, Minini, 2023	30
Figura 12: Fase di predizione del processo di Machine Learning, Minini, 2023	31
Figura 13: Esempi di reti neurali semplice multistrato, Minini, 2023.....	31
Figura 14: Rapporto tra AI, Machine learning e Deep Learning, Minini, 2023.....	32
Figura 15: Periodizzazione della storia dell'intelligenza artificiale, Journal of the international Committee for the History of Technology, 2022	34
Figura 16: Il modello in 4 fasi dell'automazione intelligente dei processi – Dalla semplice elaborazione di massa IA sistemi intelligenti con autoapprendimento, Di Nardo, 2023	43
Figura 17: Intelligenza Artificiale: Tipologie e loro possibili applicazioni, Di Nardo, 2023	50
Figura 18: Automazione intelligente: vantaggi e sfide per le aziende, Granata, 2023...	51
Figura 19: 10 errori comuni nell'automazione aziendale, Di Nardo, 2022.....	56
Figura 20: L'RPA da misura di riduzione dei costi a strumento di incremento delle entrate, Di Nardo, 2021	60
Figura 21: Gli step verso il Change Management, Di Nardo, 2021	63
Figura 22: Dieci principali competenze del personale del futuro per lavorare nell'IA, Gray, 2016	66
Figura 23: Diagramma concettuale dell'esposizione professionale all'IA (AIOE) e della complementarità (θ), Felten, Raj, and Seamans (2021) - Pizzinelli and others (2023)..	79

Figura 24: Quote di occupazione per esposizione all'IA e complementarità: gruppi di Paesi e singoli Paesi selezionati, Cazzaniga e al., 2024	81
Figura 25: Quota di occupazione per esposizione e complementarità (paesi selezionati), Cazzaniga e al., 2024.....	82
Figura 26: Quota di occupazione nelle occupazioni ad alta esposizione per gruppi demografici, Cazzaniga e al., 2024.....	84
Figura 27: Quota di occupazione nelle occupazioni ad alta esposizione e potenziale complementarità di Decili di reddito, Cazzaniga e al., 2024.....	85
Figura 28: Transizioni professionali per lavoratori con istruzione universitaria in Brasile e nel Regno Unito, Cazzaniga e al., 2024.....	87
Figura 29: Profili del ciclo di vita delle quote di occupazione per livello di istruzione, Brasile e Regno Unito, Cazzaniga e al., 2024	89
Figura 30: Probabilità di rioccupazione per un anno dei lavoratori separati, Cazzaniga e al., 2024	90
Figura 31: Premi salariali percentuali stimati derivanti dal cambiamento di occupazione, Cazzaniga e al., 2024.....	92
Figura 32: Esposizione all'IA, all'automazione e al reddito nel Regno Unito, Cazzaniga e al., 2024	95
Figura 33: Variazione del reddito totale per percentile di reddito, Cazzaniga e al., 2024	97
Figura 34: Impatto sugli aggregati, Cazzaniga e al., 2024	99
Figura 35: Indice di preparazione all'IA e quota di occupazione nelle occupazioni ad alta esposizione, Cazzaniga e al., 2024	103
Figura 36: Quota occupazionale nel settore delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione e singoli componenti dell'indice di preparazione all'IA, Cazzaniga e al., 2024	105
Figura 37: Sistemi di rilevazione delle presenze, Digital Workforce Report - Italia 2019	114
Figura 38: Sistemi di rilascio permessi e ferie, Digital Workforce Report - Italia 2019	114
Figura 39: Rendicontazione mensile presenze/assenze, Digital Workforce Report - Italia 2019	115

Figura 40: Sistemi di monitoraggio lavoratori/collaboratori esterni, Digital Workforce Report - Italia 2019.....	115
Figura 41: Diffusione del telelavoro, Digital Workforce Report - Italia 2019.....	115
Figura 42: Sistemi di monitoraggio in tempo reale del lavoro, Digital Workforce Report - Italia 2019.....	116
Figura 43: Rendicontazione attività dipendenti, Digital Workforce Report - Italia 2019	116
Figura 44: Ripartizione del fatturato complessivo delle aziende italiane attive nel settore dell'IA con ricavi annuali inferiori ai 100 mil €, Ufficiocamerale 2024.....	131
Figura 45: Localizzazione delle sedi delle aziende italiane attive nel settore dell'IA, Ufficiocamerale 2024	132
Figura 46: Ripartizione, per regione, dei fatturati delle aziende italiane attive nel settore dell'IA, Ufficiocamerale 2024.....	133
Figura 47: Progetto di trattore autonomo di John Deere. Il trattore a guida autonoma avrà una potenza di 500 kilowatt e sarà a zero emissioni, Repubblica – 27/04/2024	146
Figura 48: Processo di acquisizione ed elaborazione dati per trattamenti agricoli, Taranis, 2024	146
Figura 49: Processo di irrigazione intelligente, Taranis https://tule.ag/sensors/ , 2024	147
Figura 50: Sistema di monitoraggio intelligente del bestiame, https://www.halterhq.com/ , 2024	148
Figura 51: GoldenEye 900 di MiCROTEC, uno scanner trasversale che determina in maniera precisa la qualità del legname (sia esso fresco, essiccato o piallato) in un solo passaggio da tutti e quattro i lati, https://www.microtec.eu/it/prodotti/goldeneye-900 , 2024	149
Figura 52: XSpectra Machine Lineups, https://www.x-next.com/it/prodotti/xspectra-lateral-diagonal-inspection/# , 2024	150
Figura 53: Robot collaborativi CRX, https://crx.fanuc.eu/it/ , 2024	151

Introduzione

Gli argomenti trattati nel presente lavoro sono stati concepiti in modo da perseguire l'obiettivo di rispondere all'interrogativo “*Sviluppo dell'Intelligenza artificiale: un'opportunità o una minaccia?*” che, sempre con maggiore frequenza, costituisce argomento alla base di numerosi articoli giornalistici, programmi televisivi di approfondimento, rubriche di settimanali ecc.

A tal fine è stato necessario, innanzitutto, costruire una base di conoscenza capace di rispondere ad una serie di domande introduttive all'argomento quali: Cos'è e cosa si intende per Intelligenza Artificiale (IA), come è nata, esiste un solo tipo di IA, come si struttura, ecc.

La descrizione dei diversi moduli di funzionamento ha completato la descrizione dell'IA fornendo gli elementi di base per comprendere i possibili effetti dello sviluppo dell'IA.

Passo successivo, quindi, è stato quello di porsi la domanda iniziale tenendo conto delle possibilità offerte dai diversi livelli di automazione e delle necessarie competenze (alfabetizzazione all'IA) che sono richieste al personale addetto alla sua utilizzazione con conseguente necessità, da parte delle aziende, di favorire questo processo.

Gli effetti sull'occupazione conseguenti all'avvento dell'IA, quindi, implicheranno modifiche sulla struttura sociale ed economica delle società dei diversi Paesi, più o meno “preparati” ad accogliere questa novità tecnologica, soprattutto per quanto riguarda le conseguenze sulle mansioni più “esposte” alle conseguenze dell'introduzione dell'IA non trascurando, comunque, la necessità di favorire l'evoluzione richiesta ai lavoratori che occupano mansioni “complementari” all'IA.

Ultimi temi affrontati dal percorso proposto, quindi, hanno riguardato:

- gli effetti della digitalizzazione dei processi nel settore della gestione (selezione e colloqui) del personale con esposizione dei vantaggi offerti dall'IA;
- il quadro della situazione italiana nel settore dell'offerta e domanda di modelli IA con una breve rassegna di esempi di sua applicazione con l'esposizione dei relativi vantaggi.

La tesi è composta da quattro capitoli che trattano:

- CAPITOLO I: l'origine dell'Intelligenza Artificiale (IA), definita solo a seguito dell'adizione di ben precise formulazioni teoriche che si sono sviluppate solo dopo la nascita di alcune esperienze prototipali a loro volta non inquadrabili nei settori di

ricerca fino a quel momento presenti nella letteratura di settore. Dopo aver esposto la definizione di cos'è l'IA ed illustrato le sue origini, si descrive il Test di Turing, si opera la distinzione tra IA debole e forte passando, successivamente, alla descrizione dei diversi moduli di funzionamento (Machine Learning, Deep Learning e reti neurali). Il capitolo termina con l'individuazione dei possibili effetti dello sviluppo dell'IA e relativi ambiti di sviluppo;

- **CAPITOLO II:** si propongono delle risposte alla domanda se lo sviluppo dell'IA possa costituire un'opportunità o una minaccia, tenendo conto delle possibilità offerte dai diversi livelli di automazione e delle necessarie competenze che esse richiedono al personale addetto alla sua utilizzazione. Proprio il livello minimo di competenza professionale richiesto costituisce un elemento di riflessione in relazione alle modalità di sviluppo dell'alfabetizzazione nel settore dell'IA e sulle modalità con cui le aziende possono acquisire il personale dall'esterno o istruirlo dall'interno;
- **CAPITOLO III:** si analizzano le implicazioni sociali ed economiche dell'introduzione dell'IA nel mondo del lavoro in relazione alle diverse qualificazioni professionali evidenziandone l'esposizione e la complementarità con l'IA nelle diverse tipologie di Paesi e/o all'interno dello stesso Paese. Si affronta, quindi, il problema del possibile ricollocamento dei lavoratori per effetto dell'avvento dell'IA anche in relazione al diverso grado di preparazione presente nei diversi Paesi;
- **CAPITOLO IV:** si affronta il tema degli effetti della digitalizzazione dei processi nel settore della gestione (selezione e colloqui) del personale (Human Resources, HR) con l'illustrazione dei cambiamenti in atti e l'esposizione dei vantaggi (con o senza rischi?) offerti dall'introduzione dell'IA. Attenzione è posta, inoltre, alla trasformazione del recruiting ed alla salvaguardia della privacy/diritti dei dipendenti oltre che agli sviluppi della legislazione europea di settore. È presentata, infine, una sezione che consente di ricostruire il quadro della situazione italiana nel settore dell'offerta e domanda di modelli di IA oltre che una breve rassegna di esempi di sua applicazione con l'esposizione dei relativi vantaggi.

1 CAPITOLO I: Intelligenza Artificiale: origine e definizioni

1.1 Cos'è l'Intelligenza Artificiale

Il termine “Intelligenza Artificiale”, anche nota con le sigle IA o IA che saranno di seguito utilizzate, si riferisce a “...*sistemi che hanno un comportamento intelligente analizzando il proprio ambiente e compiendo azioni in modo autonomo per raggiungere obiettivi specifici...*”¹.

I sistemi basati sull'IA possono includere software che operano nel mondo virtuale come, ad. es.:

- assistenti vocali;
- software per l'analisi delle immagini;
- motori di ricerca;
- sistemi di riconoscimento vocale e facciale;
- ecc.

oppure incorporare l'IA in dispositivi hardware come:

- robot avanzati;
- auto a guida autonoma;
- droni o applicazioni dell'Internet delle cose.

Il termine IA fu utilizzato, per la prima volta nel 1956, dal matematico John McCharty dell'Università di Stanford ma solo ora, grazie alla rapida crescita dei dati e all'ampia disponibilità di sistemi informatici in grado di elaborare gli stessi più velocemente e in modo più accurato di quanto possano fare gli esseri umani, è diventato più popolare.

L'idea di dare ad un computer, ad un robot o a qualsiasi altra macchina una mente simile a quella umana costituisce il punto di partenza per lo sviluppo dei sistemi basati sull'IA.

I processi cognitivi che possono essere eseguiti da questi dispositivi sono:

- **Comprensione:** riguarda la capacità dell'IA di consentire alle macchine di identificare figure, schemi, testi, video, suoni e ottenere informazioni simulando le capacità cognitive di correlazione tra dati ed eventi;
- **Ragionamento:** riguarda l'abilità dei sistemi artificiali di collegare automaticamente diverse informazioni raccolte utilizzando automaticamente algoritmi matematici;

¹ “L'intelligenza artificiale e i diritti fondamentali” European Union Agency for Fundamental Rights, 2021 https://fra.europa.eu/sites/default/files/fra_uploads/fra-2021-artificial-intelligence-summary_it.pdf

- **Apprendimento:** riguarda la capacità sistemi di analizzare i dati di input e di restituire correttamente i relativi output. Il classico esempio che sfrutta questa capacità è costituito dai sistemi di Machine Learning (di seguito indicata anche con l'acronimo ML) che, con tecniche di apprendimento automatico, portano le IA ad imparare lo svolgimento dei processi e a effettuare varie funzioni;
- **Interazione (Human Machine Interaction):** riguarda il funzionamento dell'IA quando interagisce con l'uomo attraverso i sistemi di processamento del suo linguaggio naturale (Natural Language Processing). I sistemi di IA, in questo campo, hanno già raggiunto un notevole avanzamento.

L'IA può essere Debole, cioè quando è legata a macchine che assumono comportamenti intelligenti, oppure Forte quando l'IA è applicata in macchine in grado di “pensare” autonomamente, ovvero dotate di “mente” e “autocoscienza”.

Sulla base di quanto esposto precedentemente, quindi, possono essere fornite una serie di definizioni formali dell'IA, tra cui si possono citare quelle di seguito esposte.

Una prima definizione si basa sulla classificazione dell'IA come una disciplina che racchiude le teorie e le tecniche pratiche per lo sviluppo di algoritmi capaci di permettere alle macchine (in particolare i ‘calcolatori’) di mostrare attività intelligenti, per lo più in specifici domini e ambiti applicativi. Perché tale definizione possa essere ritenuta come valida, è necessario una classificazione formale delle funzioni sintetiche/astratte di ragionamento, meta-ragionamento e apprendimento dell'uomo.

In relazione a questa osservazione emerge la tematica del “*Cognitive Computing*”, intesa come l'insieme delle piattaforme tecnologiche basate sulle discipline scientifiche dell'IA. (tra cui il “*Machine Learning*” e “*Deep Learning*”) e il “*Signal Processing*” (ovvero la capacità di elaborare i segnali).

Una seconda definizione dell'IA, strettamente legata al citato ‘Test di Turing’, descrive l'IA. come “... *l'impresa di costruire sistemi di simboli fisici che possono passare in maniera affidabile il Test di Turing...*” (M. L. Ginsberg).

Una terza definizione, proposta dall' “*Enciclopedia Britannica*”, descrive l'IA. come “...*Artificial Intelligence (AI) is the ability of a digital computer or computer-controlled robot to perform tasks commonly associated with intelligent beings. The term is frequently applied to the project of developing systems endowed with the intellectual*

processes characteristic of humans, such as the ability to reason, discover meaning, generalize, or learn from past experience...”.

L’*“Enciclopedia della Scienza e della Tecnica”* Treccani, invece, propone la seguente quarta definizione *“...L’Intelligenza Artificiale studia i fondamenti teorici, le metodologie e le tecniche che consentono di progettare sistemi hardware e sistemi di programmi software atti a fornire all’elaboratore elettronico prestazioni che, a un osservatore comune, sembrerebbero essere di pertinenza esclusiva dell’intelligenza umana...”.*

Altre definizioni di IA tendono a non legare necessariamente l’Intelligenza (Artificiale) agli umani e sottolineano maggiormente l’interazione con il mondo esterno e le capacità di adattarsi ad esso.

Secondo questa “visione” anche gli animali, i vegetali, gli oggetti e le macchine possono essere definiti ‘intelligenti’ se in grado di interagire in modo utile con l’ambiente che li circonda.

Tutte le precedenti definizioni riguardano la cosiddetta “Intelligenza Artificiale Debole” e possono essere anche ulteriormente classificate distinguendo tra un’impostazione “funzionale” e una “strutturale” (“costruttivista” o “connessionista”).

L’impostazione “funzionale” (detta anche “comportamentista”) considera l’intelligenza come separata dalla struttura fisica dell’elaboratore che esegue il sistema intelligente e si concentra esclusivamente sull’emulazione.

Secondo l’impostazione “strutturale”, l’intelligenza è sviluppata replicando la struttura e le caratteristiche del cervello umano.

Dal punto di vista operativo, ci sono due modi diversi per implementare l’IA: uno *“bottom up”* e uno *“top down”*.

L’approccio top-down non si basa sul livello sottostante (come il computer o il cervello) e utilizza, generalmente, un approccio simbolico.

Le rappresentazioni di tipo simbolico sono utilizzate per identificare gli stati mentali all’interno di un sistema simbolico-fisico.

Per quanto riguarda, invece, l’approccio bottom-up, o connessionista, esso utilizza architetture, ovvero reti di neuroni artificiali che ricordano i neuroni cerebrali, per costruire modalità di ragionamento più complesse.

Gli approcci neurali o connessionisti determinano il ragionamento in modo implicito attraverso l'interconnessione e l'elaborazione distribuita di molte unità computazionali, mentre gli approcci simbolici concepiscono il ragionamento in modo formale attraverso la manipolazione di simboli e, questi ultimi, risultano essere più trasparenti e facili da comprendere dagli individui.

Gli approcci connessionisti gestiscono facilmente realtà che sono mutabili, incerte, non complete e dinamiche.

L'efficacia degli approcci di tipo bottom up per le reti neurali sta diventando sempre più evidente a seguito dei recenti progressi e dei significativi risultati raggiunti negli ultimi tempi, in particolare per quanto riguarda l'ambito percettivo.

1.2 Storia dell'IA

La storia dell'IA ha radici antiche che risalgono agli anni '40 del secolo scorso a seguito dell'evoluzione della "cibernetica".

Tale disciplina era intesa come lo studio sistematico dei processi di comunicazione e controllo negli esseri viventi e nelle macchine; essa si concentrava sui meccanismi di autoregolazione e comando presenti sia negli organismi naturali che in quelli artificiali dotati di capacità di retroazione.

Uno dei primi successi in questo campo è costituito dai risultati del progetto condotto dai ricercatori Warren McCulloch e Walter Pitt del 1943, i quali proposero un modello innovativo di rete logica (rete neurale) che intendeva riprodurre matematicamente il funzionamento del cervello umano.

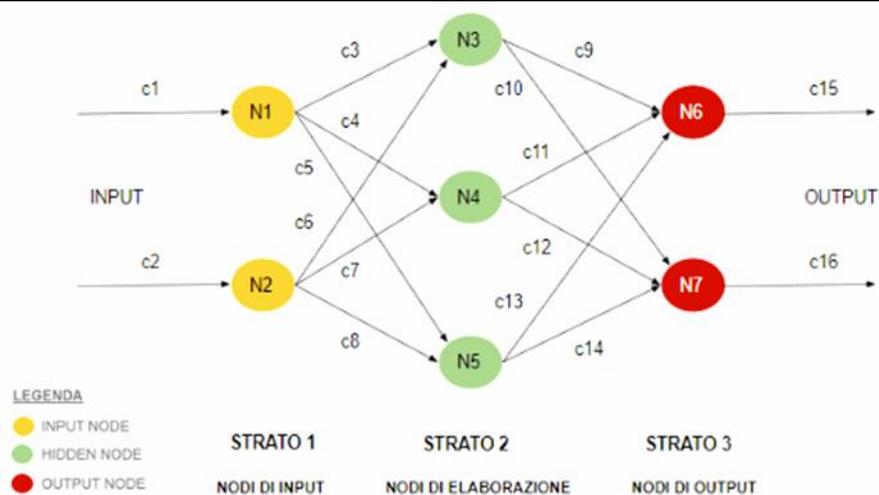


Figura 1: Esempio di rete neurale semplice, Minini, 2023

Nel 1949, lo psicologo canadese Donald Olding Hebb propose uno studio che combinava dati dalla fisiologia del sistema nervoso e dall'analisi del comportamento umano: l'idea alla base dello studio, a seguito dell'analisi approfondita dei collegamenti tra i neuroni artificiali e i modelli complessi del cervello umano, proponeva l'ipotesi, dimostrandola, che le modifiche delle forze di connessione tra i neuroni potevano causare processi di apprendimento.

Nel 1951, il matematico e scienziato statunitense Marvin Lee Minsky creò il primo computer basato su reti neurali: si chiamava "SNARC" e si basava su una rete di quaranta neuroni con relativi collegamenti.

I primi prototipi funzionanti di reti neurali sopraggiunsero verso la fine degli anni '50.

Nel 1936, il matematico e crittografo inglese Alan Mathison Turing ideò la cosiddetta "macchina di Turing", un modello astratto di macchina in grado di eseguire algoritmi e dotato di un nastro, della lunghezza teorica infinita, su cui leggere e scrivere simboli: tale esperienza è considerata il primo passo verso la nozione di "macchina ideale".

L'articolo "Computer machinery and intelligence" del 1950 propose il "Test di Turing" (meglio descritto nel successivo vedi § 1.3) per valutare se una macchina era in grado di pensare.

Il "Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence", che si svolse nel 1956 presso il Dartmouth College, coinvolse esperti internazionalmente conosciuti nel campo dello studio dei sistemi intelligenti come:

-
- il matematico John McCarthy del Dartmouth College (al quale si deve attribuire il merito di aver coniato il termine “*Intelligenza Artificiale*”);
 - lo scienziato Marvin Lee Minsky della Harvard University;
 - l'informatico Nathaniel Rochester di IBM Corporation;
 - l'ingegnere Claude Elwood Shannon dei Bell Telephone Laboratories;

con l'obiettivo di definire la disciplina dell'IA e proporre alcuni progetti di ricerca attraverso i quali simulare l'intelligenza umana e, conseguentemente, codificare i primi linguaggi di programmazione dedicati all'IA.

Nel corso degli anni successivi, l'attenzione del mondo scientifico e tecnico si è concentrata sul computer: tale strumento, infatti, è stato progressivamente considerato non più solo un semplice elaboratore aritmetico ma una macchina sofisticata capace di elaborare simboli e risolvere problemi.

Un altro settore di ricerca e sviluppo su cui il mondo accademico del tempo concentrò i propri sforzi, fu quello di creare programmi software in grado di risolvere problemi e giochi universali in cui si doveva distinguere nettamente la formalizzazione dei problemi (base di conoscenza) dalle tecniche di risoluzione (euristiche o motori di inferenza).

Nel 1958, lo psicologo americano Frank Rosenblatt propose il “*perceptrone*”, un dispositivo elettronico con uno strato in ingresso e uno in uscita e una regola di apprendimento basata sulla minimizzazione dell'errore.

Questa funzione, nota anche come “*error back propagation*” (retro propagazione dell'errore, vedi Figura 2), modifica i pesi delle connessioni (sinapsi) tenendo conto della differenza tra l'uscita effettiva della rete, conseguente ad un dato ingresso, rispetto alla valutazione sull'uscita effettiva elaborata dalla rete neurale.

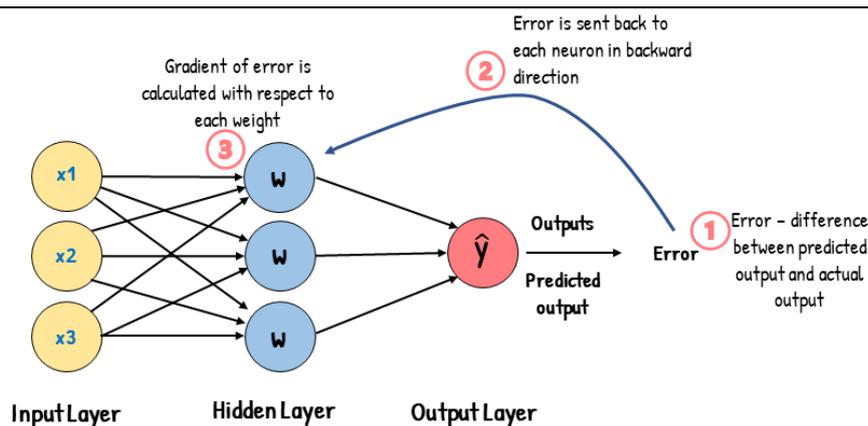


Figura 2: Error back propagation concept, Kalirane, 2023

Negli anni successivi, alcuni studiosi, tra cui Paul Werbos e David H. Wolpert, dimostrarono i limiti della error back propagation ovvero la capacità di identificare solo funzioni linearmente separabili dopo un opportuno addestramento; una rete a più livelli di “*perceptroni*” avrebbe potuto risolvere problemi più complessi ma, per l’epoca, lo sviluppo di tali modelli appariva troppo costoso a causa della crescente complessità computazionale richiesto dall’addestramento.

In seguito affiorarono i primi tentativi di creare un dialogo uomo-macchina che potesse limitare il dialogo uomo-uomo; uno dei chat-bot più noti era Eliza, sviluppato nel 1966 dall’informatico tedesco Joseph Weizenbaum; tale algoritmo si prefiggeva di simulare un’interazione (conversazione) con un essere umano.

Ben presto, il chatbot che interpreta una psicoterapeuta scopre i difetti e i vantaggi di un approccio puramente sintattico: le manipolazioni sintattiche basate sulle affermazioni del paziente sono utilizzate per formulare domande e risposte utilizzando schemi predefiniti. Ancora oggi esistono numerose sfide e competizioni che cercano di “superare”, anche solo parzialmente, il test di Turing;

Esistono molti assistenti digitali a controllo vocale che offrono buoni livelli di interazione e comunicazione, questi includono: Siri di Apple, CleverBot, Cortana di Microsoft, Echo e Alexa di Amazon, Home di Google, etc..

In seguito sono stati sviluppati test aggiuntivi per valutare altre capacità considerate essenziali, come la creatività, l’emotività etc. i più importanti sono i test basati sugli “*Schemi di Winograd*”, che richiedono all’agente intelligente non solo una buona analisi sintattica, ma anche un’ottima interpretazione e ragionamento di buon senso.

Nel corso dei decenni successivi, la disciplina dell'IA ha conseguito promettenti risultati insieme a evidenti delusioni, questo perché gli obiettivi dell'IA sono generalmente di difficile, se non impossibile, conseguimento a breve termine in quanto sono richieste elevate capacità di calcolo ed esistono evidenti difficoltà nel trattare i problemi e la conoscenza, non solo a livello di forma (visione sintattica), ma anche a livello di sostanza e contenuto (visione semantica).

I primi “*Sistemi Esperti*” comparirono negli anni '70 ed erano costituiti da sistemi di IA progettati per risolvere un compito specifico, emulando un essere umano esperto del settore in un dominio specifico e specializzato.

I metodi di risoluzione del problema utilizzavano un motore di inferenza che crea una base di conoscenza basata sulla conoscenza degli esperti del dominio.

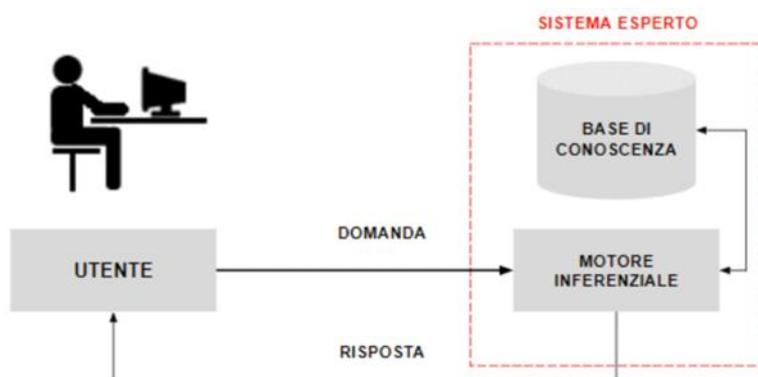


Figura 3: Sistema esperto, Minini, 2023

Negli anni '80, la diagnosi, la progettazione, il monitoraggio, l'interpretazione dei dati e la pianificazione degli algoritmi portarono IA primi successi dei Sistemi Esperti.

Successivamente si scoprì che i Sistemi Esperti presentavano limiti di generalità nel risolvere problemi e nella loro effettiva implementazione.

Gli anni '90 hanno visto la nascita del World Wide Web (WWW) e l'ingresso sul mercato dei processori grafici, le “Graphics Processing Units” (o “GPU”), chip di elaborazione dati.

In tale periodo l'IA ha iniziato a essere utilizzata in applicazioni pratiche tipici dei settori quali: riconoscimento vocale e visione artificiale.

Negli anni successivi al 2010, l'IA vive un periodo di rinnovato vigore nel suo sviluppo grazie all'uso diffuso di tecnologie come il Machine Learning e il Deep Learning, che

hanno consentito significativi risultati in campi come l'elaborazione del linguaggio naturale, la visione artificiale e la guida autonoma.

In anni recenti un settore di particolare interesse per la scienza e le conseguenti possibili applicazioni è costituito dai “chip neuromorfici” che integrano, attraverso i progressi resi possibili dalla ricerca nel campo delle nanotecnologie, l'archiviazione e l'elaborazione dei dati in un unico microcomponente; ciò permette di imitare le capacità di rilevamento dei sensi ed elaborative del cervello umano.

Attualmente esistono alcuni principali campi di interesse per l'IA costituiti da:

- possibilità di sfruttare l'enorme quantità di dati disponibili sul Web altrimenti non facilmente utilizzabili con le limitate risorse dell'uomo;
- rinnovato interesse per i meccanismi alla base della nascita, sviluppo ed utilizzo dell'intelligenza come concetto generale;
- nuove opportunità offerte nel settore della ricerca sulla comprensione delle connessioni funzionalità del cervello umano ed i concetti che esso può elaborare.
- messa a punto di strumenti in grado di accelerare l'evoluzione delle nuove tecnologie in rapida progettando strumenti più adatti a tale scopo.

1.3 Test di Turing

Come già esposto nel precedente § 1.1, il test di Turing (vedi Figura 4) consiste nell'interrogare, in parallelo e separatamente, una macchina e un essere umano, tramite un terminale, per determinare se la prima possa mostrare un comportamento indistinguibile da quello umano.

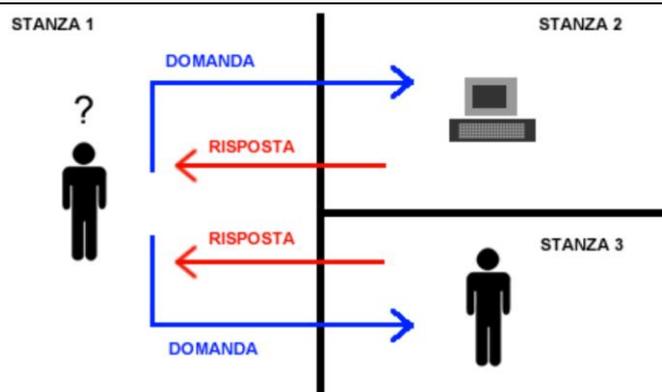


Figura 4: Modalità di svolgimento del Test di Turing, Minini, 2023

Il Test di Turing deriva da un gioco chiamato “*Imitation Game*” che coinvolge tre persone: un uomo A, una donna B e una terza persona C. Quest'ultimo è separato dagli altri due e deve determinare chi è l'uomo e chi la donna attraverso una serie di domande. Anche A e B hanno dei compiti: mentre B deve aiutare C, A deve ingannarlo e fargli fare un'identificazione errata.

Il presupposto alla base del test di Turing è che una macchina possa sostituire il soggetto A. Se la percentuale di volte in cui C scopre che l'uomo e la donna sono identici prima e dopo la sostituzione di A con la macchina è uguale, allora la macchina dovrebbe essere considerata intelligente (ovvero capace di pensare e esprimere idee) perché, in questo contesto, non può essere distinta da un essere umano.

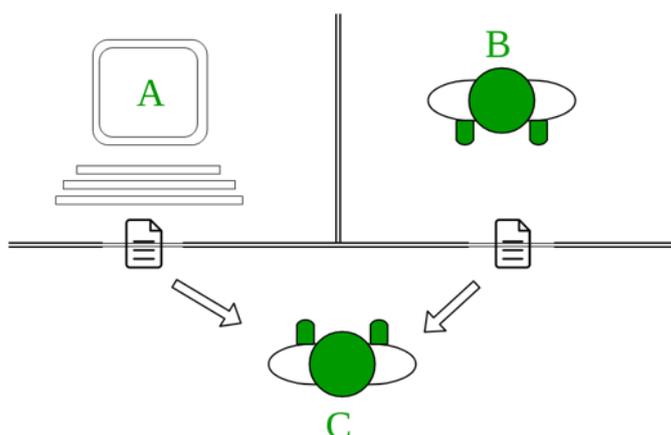


Figura 5: Esempio di “Test di Turing”, Minini, 2023

Il test mira, sostanzialmente, a valutare se una macchina possa “pensare” in modo simile agli esseri umani: il gioco si ripete N volte e l'intervistatore sbaglia nell'identificare i partecipanti per Z volte, il che porta ad un tasso di errore percentuale pari a Z/N .

Se la macchina fornisce risultati simili a quelli dell'essere umano (ovvero la percentuale di errore nel gioco in cui partecipa la macchina è simile a quella del gioco per individuare l'uomo e la donna, $X/N \approx Z/N$), allora si può considerare che essa abbia superato il test di Turing, mostrando un comportamento "intelligente".

Il test di Turing ha avuto un impatto significativo nell'ambito dello sviluppo dell'IA poiché ha posto IA cultori della materia importanti questioni filosofiche e pratiche in relazione alla possibilità che le macchine possano dimostrarsi "intelligenti" e sulla loro capacità di sviluppare l'IA stimolando la ricerca in questo settore.

Il "*Test di Turing totale*" è un concetto più generale rispetto al Test di Turing classico e che è stato sviluppato per valutare, non solo la capacità di una macchina di comportarsi in modo intelligente nel settore della scrittura e della conversazione, ma anche di interagire con il mondo fisico similmente ad un essere umano percependo l'ambiente circostante attraverso la visione artificiale, manipolando oggetti fisici e interagendo con essi.

Il Test di Turing totale rappresenta, quindi, un'ulteriore sfida per le macchine intelligenti per operare in modo simile agli esseri umani.

Al Test di Turing sono state mosse delle obiezioni tra le quali una delle più conosciute è costituita dalla "Testa nella sabbia" che può essere riassunta tramite questa frase: "*Se le macchine pensassero, le conseguenze sarebbero terribili; speriamo e crediamo che esse non possano farlo*"; tale obiezione è stata proposta da alcuni critici che rifiutavano l'idea che una macchina possa essere considerata realmente intelligente se riesce a superare il test poiché il superamento del test di Turing non può garantire necessariamente, da parte della macchina, una reale comprensione di un fenomeno o una sua completa coscienza.

Questo argomento è parte del dibattito più ampio sull'IA e sulle sfide nel definire e valutare l'intelligenza delle macchine.

Tra le altre obiezioni mosse al Test di Turing, emerge l'"obiezione matematica": alcuni risultati indicano che alcune questioni matematiche non possono essere risolte utilizzando particolari sistemi formali.

Il più famoso è il Teorema di incompletezza di Gödel (1931), e mostra che in qualsiasi sistema formale l'assioma F è abbastanza forte da gestire l'aritmetica, è possibile costruire una "Formula di Gödel" G(F) con le seguenti caratteristiche [Intelligenza artificiale. Un approccio moderno. Russel e Norvig, 2010]:

-
- $G(F)$ è una formula di F , ma non può essere dimostrata al suo interno,
 - se F è coerente, allora $G(F)$ è vero.

Ci sono altri risultati, simili per certi aspetti, dovuti a Church, Kleene, Rosser e Turing stesso (1936). Il più pratica e conveniente da testare è quest'ultimo, poiché Turing si riferisce direttamente alle macchine.

Il risultato ottenuto da Turing coinvolgeva un computer tecnico: la tecnologia digitale ha una capacità illimitata e ha dimostrato che ci sono alcune cose che le macchine non possono fare. L'esempio più classico di un problema che non può essere risolto automaticamente è il "problema della fermata".

Il risultato matematico sostiene che si pretenderebbe dimostrare un'impotenza alla quale la mente umana non è soggetta. Ma anche se accettassimo i limiti dei computer, non c'è prova che gli esseri umani possano evitarli. È fin troppo facile dimostrare con rigore che un metodo formale non può essere sufficiente. Infatti, è impossibile dimostrare che gli esseri umani non obbediscano al teorema di incompletezza di Gödel, perché qualsiasi prova rigorosa richiederebbe una formalizzazione della dotazione umana, che si sostiene, a priori, e non può essere formalizzata.

Esempio reale: un esperimento è stato condotto da due ricercatori dell'Università della California a San Diego per determinare quale modello linguistico GPT-4 di OpenAI contro partecipanti umani, GPT-3.5 e il chatbot ELIZA risalente agli anni '60 sia più efficace per ingannare i partecipanti facendoli credere di avere a che fare con un essere umano. "GPT-4 supera il test di Turing?" è il titolo di un articolo scritto dai ricercatori che è ancora in fase di revisione paritaria.

L'obiettivo dell'esperimento era determinare quanto GPT-4 potesse convincere le persone a credere di interagire con un essere umano se utilizzato in modo ben indirizzato. L'esperimento coinvolse 652 persone e 1.810 sessioni furono completate. Via web, i partecipanti intrattennero conversazioni con diversi interlocutori sconosciuti che si erano presentati come individui umani o modelli di IA, tra cui i già menzionati GPT-4, GPT-3.5 ed ELIZA.

IA partecipanti umani furono casualmente assegnati il ruolo di Intervistatore (Interrogator) o Rispondente (Witness): questi ultimi avevano lo scopo di convincere gli intervistatori che si trattava di esseri umani.

I giocatori abbinati IA modelli IA erano sempre intervistatori; delle 1.810 sessioni completate, 1.405 furono analizzate dopo aver eliminato situazioni specifiche, come interazioni tra partecipanti conosciuti o ripetizioni evidenti nelle interazioni dell'IA. L'esperimento dimostrò che i partecipanti umani avevano identificato correttamente altri individui nel 63% delle interazioni.

Ma, ancor più sorprendente, ELIZA superò il modello linguistico GPT-3.5, che è alla base della versione gratuita di ChatGPT.

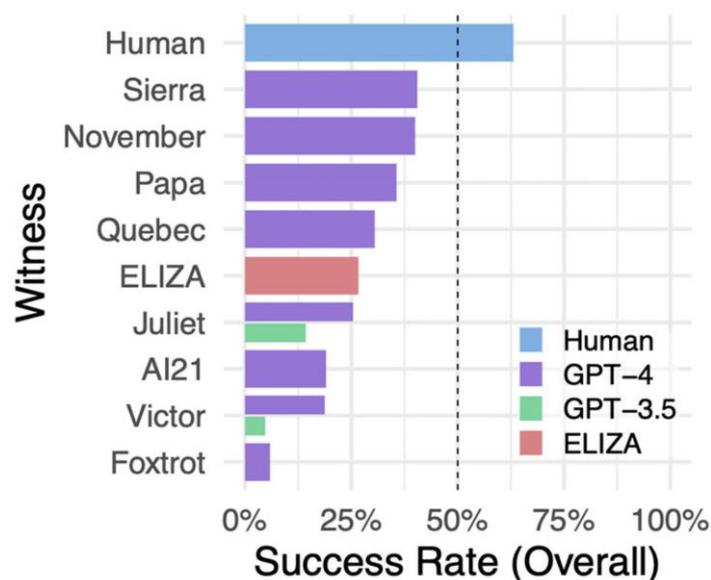


Figura 6: Risultati del confronto tra chatbot moderni ed ELIZA, Bai, 2023

Sono sorprendenti i risultati che ha portato il chatbot ELIZA poiché è “nato” attorno alla metà degli anni '60 del secolo scorso, ad opera scienziato del MIT Joseph Weizenbaum. Il risultato, però, va ridimensionato rispetto all'impatto che può avere in prima istanza: OpenIA ha infatti sviluppato GPT-3.5 in modo specifico da non presentarsi come essere umano, ragione che può spiegare quindi quanto emerso dall'esperimento.

A tal proposito, anche gli autori dello studio hanno commentato i risultati per evitare che ne venga data una lettura superficiale: “Innanzitutto le risposte di ELIZA tendono a essere conservative. Se da un lato questo in genere porta ad avere l'impressione di interagire con un interlocutore poco collaborativo, dall'altro impedisce al sistema di fornire indizi espliciti come informazioni errate o conoscenze confuse. In secondo luogo, ELIZA non mostra il tipo di indizi che gli interrogatori sono inclini ad associare con i modelli di linguaggio di grandi dimensioni (LLM), come l'essere disponibili, amichevoli e loquaci.

Infine, alcuni interrogatori hanno riferito di pensare che ELIZA fosse troppo scarsa per essere un modello IA attuale e quindi era più probabile che fosse un umano intenzionalmente poco collaborativo”².

1.4 Intelligenza Artificiale debole e forte

L’IA è in grado di riprodurre alcune funzioni proprie del cervello umano:

- agire umanamente (cioè in modo indistinto rispetto ad un essere umano);
- pensare umanamente (risolvendo un problema con funzioni cognitive);
- pensare razionalmente (sfruttando cioè la logica, come fa un essere umano);
- agire razionalmente (avviando un processo per ottenere il miglior risultato atteso in base alle informazioni a disposizione).

Sulla base delle precedenti capacità, l’IA può essere classificata in due principali tipologie: debole e forte.

L’IA debole (*Weak AI*) è una visione filosofica che considera i sistemi artificiali come strumenti che simulano l’intelligenza umana senza possedere una vera comprensione o coscienza di quanto ad essi sottoposto; tale classificazione, infatti, si concentra sull’aspetto funzionale e prestazionale dei sistemi artificiali non attribuendo loro una vera intelligenza o coscienza vera e propria pari a quella umana.

Secondo questa visione, i sistemi di IA debole sono progettati per eseguire compiti specifici e in modo efficiente; essi, però, non possiedono una vera consapevolezza come, invece, è proprio degli esseri umani non potendo replicare la loro complessità e profondità di pensiero.

Questo punto di vista è stato proposto da filosofi come John Searle, che ha affermato che anche se i sistemi di IA possono comportarsi in modo intelligente, ciò non implica necessariamente che essi abbiano una vera comprensione o coscienza come gli esseri umani (si ricorda, a questo proposito, l’obiezione della “testa nella sabbia” al Test di Turing, vedi § 0).

Esempi comuni di IA debole includono assistenti vocali come Siri o Alexa, che rispondono a comandi vocali ma non ne hanno una piena comprensione.

² https://www.hwupgrade.it/news/scienza-tecnologia/intelligenze-artificiali-alla-prova-del-test-di-turing-un-chatbot-anni-60-batte-gpt-35_122368.html

Fanno anche parte di questa categoria anche i "sistemi basati sulla conoscenza" o "sistemi esperti", chiamati successivamente "sistemi di supporto alle decisioni".

Lo stesso filosofo John Searle [Searle, 1980] afferma che "*Secondo l'IA forte, invece, il calcolatore non è semplicemente uno strumento per lo studio della mente, ma piuttosto, quando sia programmato opportunamente, è una mente vera; è cioè possibile affermare che i calcolatori, una volta corredati dei programmi giusti, letteralmente capiscono e posseggono altri stati cognitivi*"

L'IA forte è un punto di vista filosofico che afferma che i sistemi artificiali possono possedere una vera intelligenza e coscienza simile, o addirittura, superiore a quella umana.

Secondo questa visione, i sistemi di IA forte sono in grado, non solo di simulare comportamenti intelligenti ma, addirittura, di comprendere ed elaborare elementi cognitivi molto simili a quelli umani.

L'IA forte solleva questioni fondamentali sull'etica, la coscienza e la comprensione di sé nei sistemi artificiali.

Sostenitori di questa prospettiva, come i funzionalisti (criticati da John Searle), ritengono che i calcolatori, a seguito della loro adeguata programmazione, possano effettivamente comprendere e possedere stati cognitivi.

In sintesi si può affermare che l'IA debole può essere correlata a sistemi specializzati in compiti ben definiti senza la necessità di una comprensione generale, mentre l'IA forte comporta la messa a punto di capacità di intelligenza almeno comparabili a quelle umane. Le caratteristiche e possibilità offerte dall'IA forte sono state "supportate" attraverso due esperimenti mentali ("*il cervello nella vasca*" e "*la sostituzione del cervello*") teorizzati da correnti ideologiche distinte all'interno della filosofia della mente.

Al fine di confutare le conclusioni a cui sono giunti gli esperimenti mentali a supporto dell'IA forte, John Searle ha proposto, nel suo articolo "*Minds, Brains And Programs*" del 1980, un ulteriore esperimento mentale conosciuto come la "*stanza cinese*" in cui è presente un individuo che non conosce il cinese ma tramite delle istruzioni può fornire delle corrette risposte in cinese.

In questo caso, anche se l'individuo all'interno della stanza produce risposte che sembrano intelligenti e coerenti agli osservatori esterni che non capiscono il cinese, in realtà non comprende il significato di ciò che sta facendo.

Searle afferma, a questo proposito, che la sintassi (grammatica) non è equivalente alla semantica (significato).

Quindi anche eseguire fornire risposte corrette non è condizione sufficiente per poter affermare che esse sono state elaborate da una “mente”: anche se la macchina può produrre risposte intelligenti, non ha una comprensione reale del significato di ciò che sta facendo, mettendo in discussione la vera IA e la coscienza..

In sostanza, la “stanza cinese” evidenzia le differenze esistenti tra la comprensione basata sulla sola manipolazione di simboli e quella corretta che caratterizzano l'intelligenza umana.

1.5 I moduli di funzionamento: Machine Learning, Deep Learning e le reti neurali

La distinzione tra IA Debole e Forte è alla base della comprensione e definizione dei concetti di “*Machine Learning*” e “*Deep Learning*”, che sono due aree di studio all'interno della più ampia disciplina dell'IA.

Il seguente diagramma mostra le differenze tra Deep Learning, Machine Learning, IA e reti neurali.

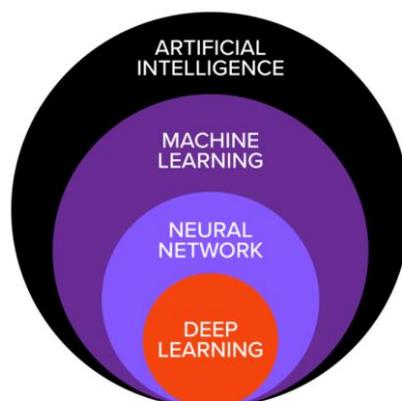


Figura 7: Relazione tra Intelligenza Artificiale, Machine Learning e Deep Learning, Smartboost.com, 2023

Da un punto di vista tecnologico e metodologico, l'IA è distinta dal metodo di apprendimento con cui essa si addestra in un compito o azione.

Il Machine Learning (Apprendimento Automatico) è una branca dell'IA che consente di sviluppare algoritmi che rendono capaci i computer nell'apprendere dai dati ad essi forniti.

Gli algoritmi di Machine Learning sono progettati per riconoscere “modelli” nei dati e, quindi, poter effettuare previsioni o prendere decisioni senza essere preventivamente programmati per compiti specifici.

Si tratta, quindi, di un insieme di tecniche differenti (quali la statistica computazionale, il riconoscimento di modelli, le reti neurali artificiali, il filtraggio adattivo, la teoria dei sistemi dinamici, l’elaborazione delle immagini, il data mining, gli algoritmi adattivi, etc.) che consentono alle macchine di ‘imparare’ dai dati e, sulla base delle regole riconosciute, successivamente elaborare decisioni o predire valori futuri basati sui dati di partenza.

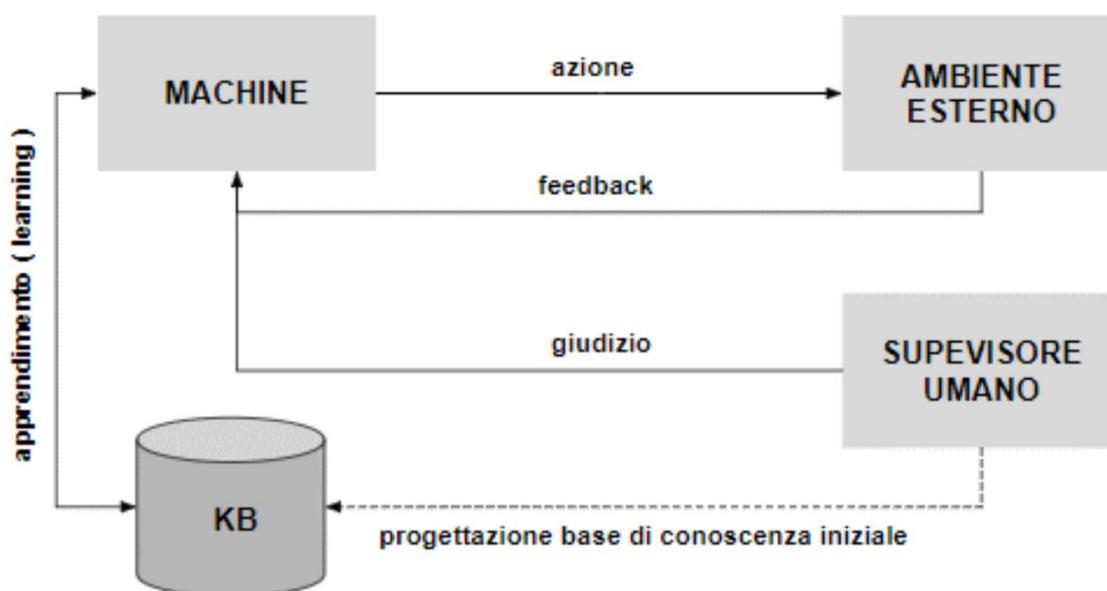


Figura 8: Schema di funzionamento del Machine Learning, Minini, 2023

Il Machine Learning può essere adattato a tre differenti tipi di compiti: Classificazione, Clustering, Predizione.

Esistono varie tipologie di Machine Learning: il Machine Learning con supervisione, senza supervisione e per rinforzo.

Il Machine Learning con supervisione (con etichette di addestramento), in questo caso l’apprendimento avviene mediante esempi di input e di output che consentono all’IA di comprendere come comportarsi (le ‘etichette’ sono create preliminarmente dall’addestratore per rendere in grado la macchina di scoprire relazioni tra input ed etichette);

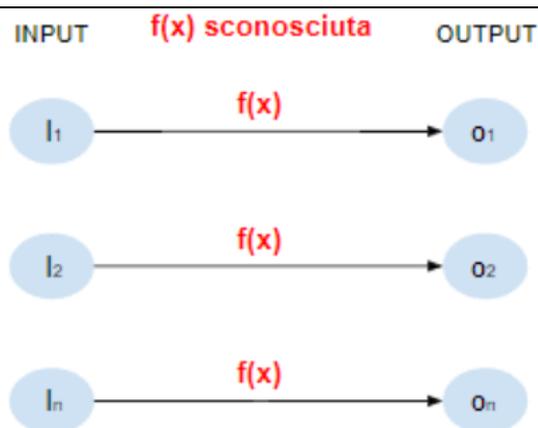


Figura 9: Machine Learning con supervisione, Minini, 2023

Il Machine Learning senza supervisionato (senza etichette), in questo caso l'apprendimento avviene mediante analisi dei risultati ed il software comprende come agire poiché il modello di apprendimento si adatta IA valori di output. Ciò permette di scoprire le regole attraverso i risultati di determinate azioni e compiti che i software saranno chiamati a svolgere (non essendo disponibili le etichette, si richiede alla macchina di riconoscere i gruppi o cluster all'interno dei dati);

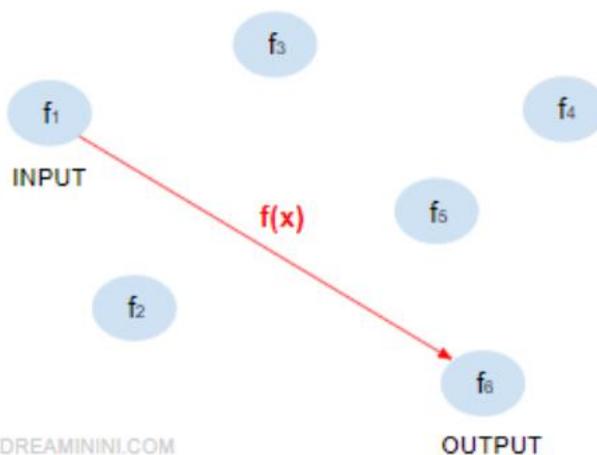


Figura 10: Machine Learning senza supervisione, Minini, 2023

Il Machine Learning per rinforzo (basato su ricompense), anche detto reinforcement learning, (è un tipo di apprendimento 'meritocratico': l'IA viene premiata quando raggiunge gli obiettivi, i risultati da perseguire, esegue un'azione corretta, etc.. In questo modo l'IA è in grado di distinguere le azioni corrette da quelle errate).

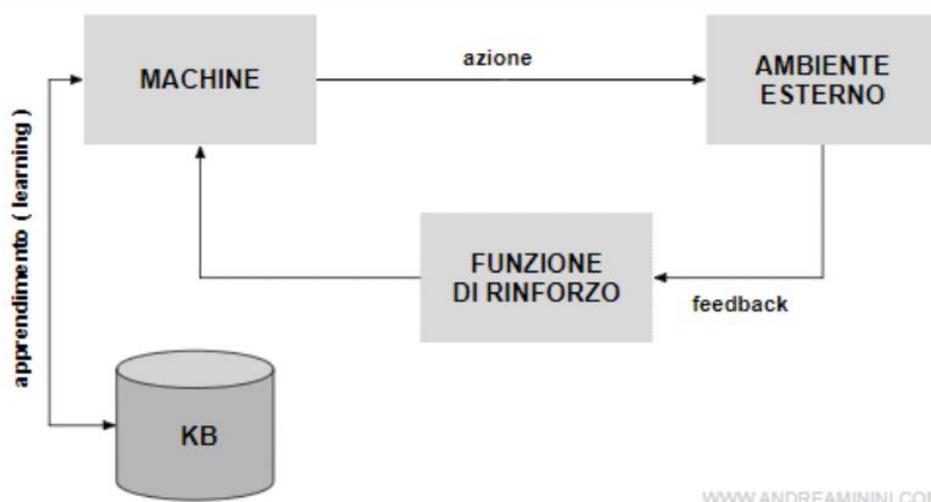


Figura 11: Machine Learning per rinforzo, Minini, 2023

Le fasi del processo di Machine Learning sono:

- *Pre-processing*: è un'attività che viene condotta prima di attivare un processo di apprendimento automatico che viene eseguito attraverso l'analisi dei dati nel dataset di apprendimento al fine di ottimizzare le performance dell'algoritmo;
- *Apprendimento*: in questa fase l'algoritmo "impara" in modo automatico dai dati presenti nel dataset di apprendimento (training set) al fine di elaborare il modello previsionale;
- *Valutazione*: attraverso questa fase è condotta la verifica se il modello previsionale creato dall'algoritmo è accurato attraverso il confronto con una percentuale T delle risposte esatte in modo da valutare la qualità predittiva. A tale scopo si applica il modello predittivo con un dataset di test (test set) diverso da quello utilizzato in fase di apprendimento e si valutano i risultati. Il modello predittivo viene promosso se la percentuale di risposte esatte R supera la soglia T ($R \geq T$). Se la percentuale di risposte esatte R non supera la soglia T ($R < T$), il processo riparte dalla fase apprendimento in quanto le prestazioni offerte non sono sufficienti;
- *Predizione*: è la fase finale di applicazione in cui il modello predittivo è utilizzato per gli scopi per i quali è stato addestrato.

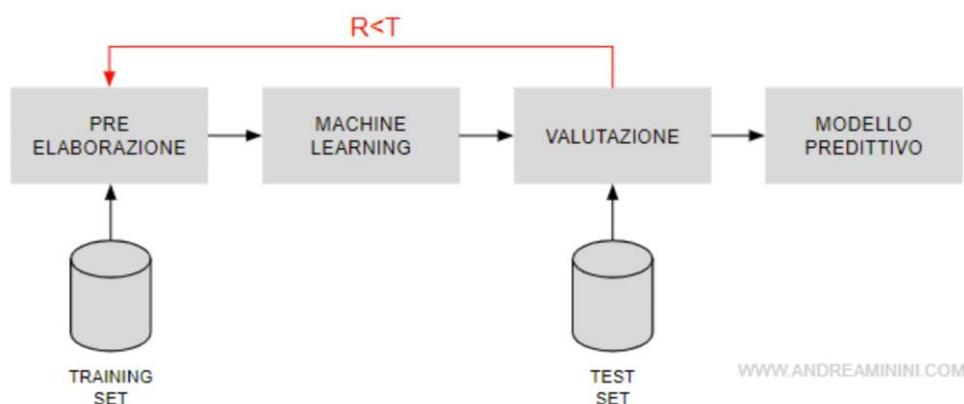


Figura 12: Fase di predizione del processo di Machine Learning, Minini, 2023

In sintesi, il Machine Learning è una vasta area che comprende tecniche per far apprendere IA computer dai dati, mentre il Deep Learning è una sottocategoria del Machine Learning che si basa su reti neurali profonde per affrontare compiti complessi. Le reti neurali sono i componenti fondamentali del Deep Learning, e il loro funzionamento è ispirato al modo in cui operano i neuroni nel cervello umano.

Le Reti Neurali (Neural Networks): Esse sono composte da neuroni artificiali collegati tra loro, le reti neurali elaborano le informazioni attraverso strati di neuroni, ciascuno contribuendo alla trasformazione dei dati in informazioni significative.

Le reti neurali possono essere costituite da strati di input, strati nascosti e strati di output; gli strati nascosti sono quelli che rendono le reti neurali "profonde". Ciascun strato è costituito da nodi collegati da archi.

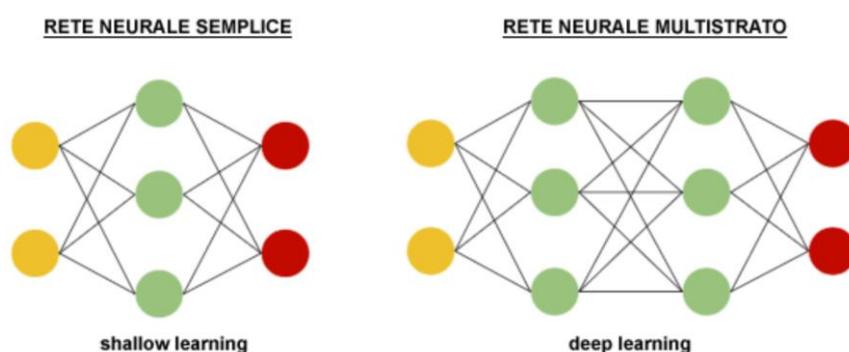


Figura 13: Esempi di reti neurali semplice multistrato, Minini, 2023

Ogni nodo ha una varietà di caratteristiche e proprietà, ma gli archi consentono di collegare i nodi tra loro in modo funzionale. La modularità dei collegamenti consente alla

macchina di evitare situazioni di stallo consentendole di raggiungere le soluzioni IA problemi seguendo diversi percorsi.

Il Deep Learning (Apprendimento Profondo) costituisce una sotto-categoria del Machine Learning e si basa sull'utilizzo di reti neurali artificiali profonde al fine di apprendere da dati complessi.

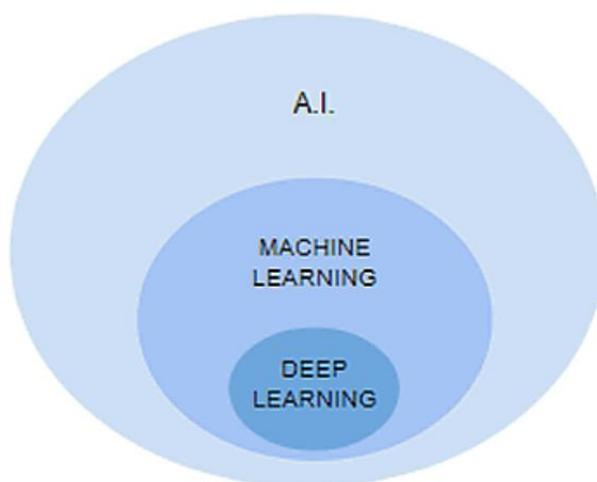


Figura 14: Rapporto tra AI, Machine learning e Deep Learning, Minini, 2023

Le reti neurali profonde comprendono strati di neuroni artificiali; l'addestramento avviene attraverso il passaggio di informazioni attraverso questi diversi strati.

L'introduzione di più strati di neuroni artificiali permette agli algoritmi elaborati con la Deep Learning di riconoscere pattern sempre più complessi e astratti e risultano tra i più efficaci nel riconoscimento di immagini, di voci, nella traduzione automatica e molte altre applicazioni complesse.

Se il Machine Learning può essere definito come il metodo che 'allena' l'IA, il Deep Learning è riconosciuto come quello che permette di emulare la mente umana.

Il Deep Learning si è riferito alle Neuroscienze poiché le reti neurali tendono a riprodurre, matematicamente, un modello dell'attività neuronale del cervello; esiste una importante differenza, però, tra cervello biologico, dove qualsiasi neurone può connettersi a qualsiasi altro neurone con trasmissioni bidirezionali dei segnali, e le 'Reti Neurali Artificiali' ('Artificial Neural Networks ANN') che hanno un numero finito di strati e connessioni e una direzione prestabilita della propagazione del segnale.

La crescente popolarità del Deep Learning, che necessita di una enorme mole di dati di base da utilizzare nella fase di apprendimento, è collegata all'avvento dei Big Data e delle GPU ed alla loro progressiva diffusione e disponibilità.

Alcuni dei campi applicativi che il Deep Learning è in grado di affrontare e che sono state alla base della sua diffusione in numerose utilizzazioni nei settori industriali riguardano:

- le ricerche basate su testo;
- l'individuazione di frodi o spam;
- il riconoscimento delle scritte;
- la ricerca delle immagini;
- il riconoscimento del parlato;
- i sistemi di 'NLP' ('Natural Language Processing');
- i 'Recommendation System';
- la 'Street View Change Detection';
- la traduzione di lingue.

Nel motore di ricerca Google, le Reti Deep hanno già rimpiazzato decine di 'sistemi a regole'.

1.6 Effetti dello sviluppo ed ambiti applicativi dell'IA

1.6.1 Effetti

Cambiamenti demografici, globalizzazione dell'economia e progresso tecnologico sono fenomeni chiave che influenzano continuamente ed in maniera sempre più invasiva la vita delle società moderne.

I suddetti fenomeni possono essere associati alla quarta rivoluzione industriale (anche denominata Rivoluzione 4.0) che richiede livelli di automazione sempre più elevati imponendo lo sviluppo e l'adozione di nuovi strumenti quali: l'IA, la robotica, la stampa 3D e le blockchain.

Questa "rivoluzione" comporta che lavori poco qualificati ed automatizzabili tendono ad estinguersi e, contemporaneamente, provoca la nascita di nuove professionalità che richiedono elevate competenze e qualificazioni.

Questi fenomeni richiedono IA sistemi di istruzione la disponibilità di corsi capaci di preparare i giovani alle continue e mutevoli sfide che lo sviluppo della Rivoluzione 4.0

comporta per vivere e lavorare in un mondo sempre più digitalizzato nel quale le competenze tecnologiche di base richieste sono sempre più elevate.

Proprio come le tre rivoluzioni industriali precedenti, anche la Rivoluzione Industriale 4.0 sta già apportando cambiamenti sostanziali al modo in cui viviamo e lavoriamo.

La prima rivoluzione industriale, o rivoluzione della macchina a vapore (Mechanical Era, vedi Figura 15), ha liberato in larga misura i lavoratori dall'uso dei muscoli sul posto di lavoro e ha reso i processi di produzione meccanizzati.

La seconda, legato all'introduzione dell'elettricità (Electrical Era, vedi Figura 15), ha consentito lo sviluppo delle catene di montaggio e ha favorito la produzione di massa.

La terza è legato alla completa automazione dei processi lavorativi e produttivi grazie all'implementazione dei computer (Mainframes to Microcomputer, vedi Figura 15) su larga scala.

E, infine, la Rivoluzione Industriale 4.0 (Networked Computer, vedi Figura 15) sta conducendo l'umanità in un mondo definito da algoritmi e big data.

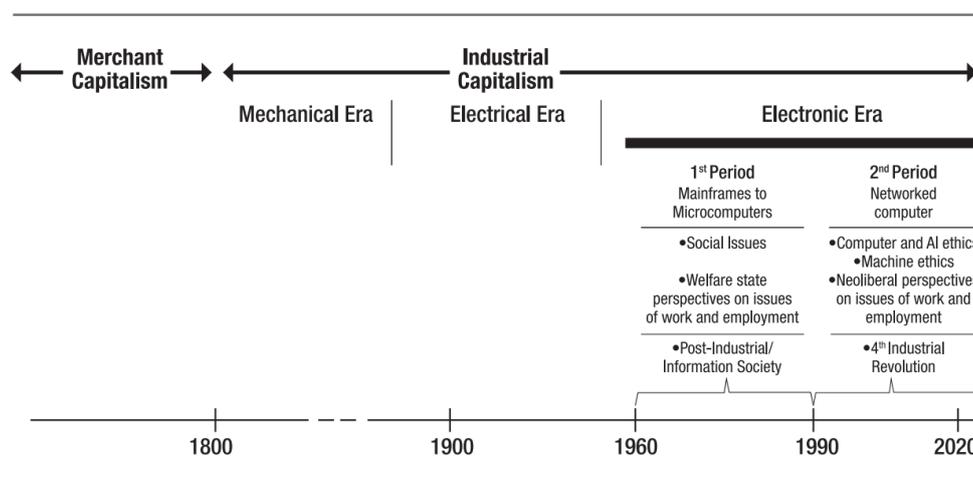


Figura 15: Periodizzazione della storia dell'intelligenza artificiale, *Journal of the international Committee for the History of Technology*, 2022

Secondo il *Future World Skills 2020 Report*³, la connettività globale, le macchine intelligenti e i nuovi media accessibili a chiunque in qualsiasi parte del globo costituisce la Rivoluzione Industriale 4.0 che si basa su sei fattori trainanti:

- Estrema longevità degli individui;
- Aumento delle macchine intelligenti e dei sistemi;

³ <https://www.iftf.org/projects/future-work-skills-2020/>

-
- Mondo computazionale;
 - Nuovi media;
 - Organizzazioni strutturate;
 - Mondo connesso a livello globale.

Secondo le Nazioni Unite entro il 2050 è previsto un forte calo della quota di popolazione in età lavorativa nelle principali economie sviluppate, ad esempio in Giappone (-28%), in Germania e Italia (-23%), mentre alcuni Paesi si aspettano un aumento sostanziale della percentuale della popolazione in età lavorativa (+41% in Arabia Saudita, +33% in India, +27% in Australia).

Di conseguenza, i Paesi con una popolazione che invecchia si troveranno ad affrontare una carenza di forza lavoro specializzata e qualificata, poiché grandi gruppi andranno in pensione e si ritireranno progressivamente dal mercato del lavoro, il che avrà un impatto anche sui sistemi pensionistici e sanitari.

Ciò si rifletterà nell'economia che, probabilmente, trasferirà la propria manodopera e le proprie risorse dai beni durevoli IA servizi quali l'assistenza sanitaria o l'assistenza agli anziani.

Allo stesso tempo, nei Paesi con forza lavoro più giovane e in crescita, si potrebbe osservare una tendenza opposta, con crescita della ricchezza, espansione della classe media e estesi processi di urbanizzazione.

In secondo luogo, poiché il commercio rappresenta una quota crescente del PIL dei Paesi sviluppati, l'economia globale è diventata integrata e interconnessa a un livello senza precedenti.

La rapida ed evidente riduzione dei costi di comunicazione e di trasporto ha consentito l'integrazione delle merci, servizi e mercati e ha accelerato il ritmo di diffusione delle innovazioni e del progresso tecnologico.

Un aspetto particolarmente importante e rilevante riguarda la possibilità di automatizzare un numero crescente di compiti e operazioni eseguite finora dagli esseri umani, soprattutto considerando il rapido sviluppo della robotica, ma anche dei big data, dell'IA e dell'internet delle cose, accompagnati da una potenza di calcolo sempre maggiore.

Prendendo in considerazione tutte le questioni menzionate precedentemente, ci si dovrebbe aspettare che, a seguito dell'avvento della Rivoluzione Industriale 4.0, i settori

professionali e le strutture organizzative subiscano cambiamenti fondamentali, che influenzeranno anche i lavori e le professionalità attuali.

Si ritiene che i robot e le soluzioni basate sull'IA ridurranno posti di lavoro alle persone e, conseguentemente, si dovrà affrontare il problema di vivere in un mondo senza occupazione.

In questa fase, tuttavia, sembra plausibile mettere da parte tali dilemmi poiché l'esperienza delle tre rivoluzioni industriali precedenti ha già dimostrato che l'introduzione di macchine, computer e un livello sempre più elevato di automazione ha creato sempre più posti di lavoro di quanti ne ha fatti scomparire.

L'unica differenza apportata dalle invenzioni tecnologiche fondamentali è il cambiamento radicale della natura dei lavori in questione.

Si può presumere che con l'introduzione di veicoli a guida autonoma, aerei a pilotaggio automatico, linee di produzione automatizzate e controllate da computer nonché servizi online autogestiti, autisti, piloti, meccanici e tanti altri dovranno essere sostituiti da specialisti informatici, specialisti di robotica e analisti di dati solo per citare alcuni esempi.

Molte nuove professionalità e compiti da svolgere, inoltre, richiederanno un approccio e una conoscenza interdisciplinare che, a loro volta, imporranno l'esecuzione di attività e mansioni attualmente sconosciute all'interno di gruppi di specialisti con competenze complementari provenienti da diversi settori.

Di conseguenza non saranno necessarie solo conoscenze e competenze specialistiche, ma anche le cosiddette competenze trasversali, come la capacità di comunicare a diversi livelli, la capacità di cooperare e di risolvere problemi in modo creativo all'interno di un gruppo di persone, diventeranno sempre più importanti rispetto a quanto considerato attualmente.

In altre parole, il livello di interdisciplinarietà delle attività da svolgere aumenterà parallelamente al progresso tecnologico.

1.6.2 Ambiti applicativi

Come già esposto nei paragrafi precedenti, l'IA, sempre più, sta assumendo un ruolo essenziale in un sempre maggior numero di ambiti della vita dell'uomo.

Non esiste, in pratica, alcun settore di interesse dell'uomo che non sia oggetto di possibile utilizzazione dell'IA attraverso software specialistici; tra questi, tralasciandone tanti altri, possiamo citare: il settore dell'assistenza sanitaria, i sistemi e la logistica dei trasporti, l'organizzazione di viaggi e vacanze, le piattaforme di e-commerce, i servizi bancari e finanziari, lo sviluppo di prodotti fotografici, cinematografici, di informazione ed intrattenimento, ecc.

Al solo scopo di illustrare sinteticamente le potenzialità offerte dall'IA, si citano alcuni (tra i tanti) esempi di ambiti di applicazione da considerare solo come esempi esplicativi di un fenomeno ormai generalizzato:

Marketing e Intelligenza Artificiale⁴:

Attraverso l'utilizzazione degli assistenti vocali/virtuali (quali, ad es.: Chatbot, Siri di Apple, Cortana di Microsoft, Alexa di Amazon) che sfruttano l'I.A. per il riconoscimento del linguaggio naturale (destinato all'autoapprendimento per il miglioramento delle capacità di riconoscimento vocale e grammaticale) ma, soprattutto, per l'analisi delle abitudini e dei comportamenti degli utenti da utilizzare IA fini commerciali e di analisi della domanda potenziale dei consumatori.

Alcuni software basati sulle possibilità offerte dall'IA, inoltre, permettono di analizzare "in real-time" le enormi quantità di dati rilevati da diverse fonti (ad es. attraverso le App gratuite di Android e/o le Smart TV) per la comprensione del 'sentiment' e delle esigenze delle persone in modo da ottenere utili indicazioni per migliorare: il customer care, l'user experience, i servizi di assistenza e supporto, ma anche per creare e perfezionare sofisticati meccanismi di ingaggio con attività che si spingono fino alla previsione dei comportamenti di acquisto, da cui derivare strategie di comunicazione e proposta di nuovi servizi.

L'applicazione dell'I.A. nel Marketing raggiunge, già oggi, notevoli risultati: l'area di impiego maggiore è quella della gestione della relazione con gli utenti.

Negli ultimi tempi, infatti, si è sviluppata una vera e propria disciplina, l'*'Artificial Intelligence Marketing'*, che sfrutta le più moderne tecnologie dell'IA integrate con tecniche matematiche e statistiche e di Marketing comportamentale ('Behavioral Targeting').

⁴ "Intelligenza Artificiale (AI) nel Marketing: Strategie Rivoluzionarie per il Successo nel 2024" (2024), <https://lacontent.it/ai-marketing/>

Si tratta, in concreto, di individuare modalità di approccio efficienti/efficaci al cliente che si prefiggono l'obiettivo di persuaderli a compiere un'azione, acquistare un prodotto o accedere ad un servizio.

L'Intelligenza Artificiale nel settore della Sanità e dell'Health Care⁵

Le applicazioni dell'IA attualmente esistenti hanno permesso di migliorare molti sistemi tecnologici di ausilio a persone affette da disabilità (ad es., i sistemi vocali utilizzati per comunicare in modo del tutto naturale anche a chi non è in grado di parlare) ma è sul fronte della diagnosi e cura di tumori e malattie rare che si intravedono le più grandi potenzialità offerte dall'IA.

Attualmente, infatti, sono già disponibili sistemi cognitivi in grado di individuare, analizzare e elaborare risultati da enormi banche dati costituite da: pubblicazioni scientifiche, ricerche, cartelle cliniche, sperimentazioni sui farmaci, etc., ad una velocità inimmaginabile per l'uomo in modo da consentire un'accelerazione inimmaginabile dei processi di diagnosi, spesso molto difficili soprattutto per le malattie rare, o suggerendo percorsi di cura ottimali in caso di tumori o malattie particolari. Anche nelle sale operatorie e servizi di pronto soccorso sono ormai presenti dispositivi supportati dall'IA.

Cybercrime e gestione dei rischi⁶

La prevenzione delle frodi, settore di elevato interesse sia per gli autori che per le forze di polizia, è uno degli ambiti di applicazione più maturi.

Gli strumenti informatici basati sull'IA sono comunemente conosciuti come “*advanced analytics*” e consentono analisi molto sofisticate in grado di correlare dati, eventi, comportamenti ed abitudini con lo scopo di comprendere in anticipo eventuali attività fraudolente (come la clonazione di una carta di credito o l'esecuzione di una transazione bancaria non autorizzata).

Questi sistemi, in realtà, possono trovare applicazione anche all'interno di altri contesti aziendali, come, ad esempio al fine di ridurre i rischi potenziali, aumentare la protezione delle informazioni e dei dati, permettere la lotta al cybercrime.

Finance e Assicurazioni⁷

⁵ “Intelligenza artificiale in sanità: cosa aspettarci dalla IA healthcare” (2023), https://www.cgm.com/ita_it/magazine/articles/intelligenza-artificiale-in-sanita.html

⁶ “Che cos'è l'intelligenza artificiale per la sicurezza informatica?”, <https://www.microsoft.com/it-it/security/business/security-101/what-is-ai-for-cybersecurity>

⁷ “Assistenti virtuali nel Finance: oltre il chatbot” (2020), <https://www.ai4business.it/robotica/chatbot/assistenti-virtuali-nel-finance-oltre-il-chatbot/>

Il settore della finanza e delle assicurazioni costituisce un altro settore di particolare interesse per gli sviluppi dell'IA che permette di aumentare la conoscenza delle caratteristiche di ciascuno dei propri clienti in modo da poter offrire servizi customizzati alle esigenze e necessità di ciascuno di essi tenendo conto del relativo profilo di rischio. Tra le soluzioni più conosciute e applicate nell'ambito finanziario si possono citare gli assistenti virtuali o chatbot presenti sui siti di internet banking ed utilizzati per l'assistenza IA clienti post vendita.

Dispositivi Connessi e IoT⁸

L'utilizzo dell'IA risulta sempre di maggiore rilevanza anche nel campo delle soluzioni IoT (acronimo di Internet of Things), ossia per gli oggetti "intelligenti".

In quest'ambito, l'IA, è impiegata principalmente per soluzioni di Smart Factory, Smart Home e Smart City.

Il Machine Learning, insieme ad altre tecniche di apprendimento basate sull'IA, sta acquisendo un ruolo sempre più importante nel soddisfare i bisogni di aziende e consumatori nell'uso degli strumenti connessi mediante l'Internet of Things.

E-commerce & Retail⁹

Nel breve-medio termine l'IA determinerà un'evoluzione anche nell'E-commerce & Retail; diversi, infatti, sono gli usi dell'IA già utilizzati in questi ambiti, a partire da chatbot, ma non solo.

Le soluzioni con tecnologia IA per E-commerce comprendono i sistemi chiamati Recommendation System: questi sistemi sono in grado di suggerire acquisti basandosi su quelli precedenti, condizionando l'utente nel suo processo di decisione nella scelta.

Nel caso di negozi fisici, invece, le applicazioni di IA sono già presenti nei camerini nei quali sono posizionati display touch: questi forniscono, interattivamente, le informazioni richieste dal cliente e, sulla base della comprensione delle sue preferenze, mostrano i prodotti in linea con le loro necessità e/o interessi.

Artificial Intelligence e Supply Chain Management¹⁰

⁸ "IoT e AI: l'Intelligenza Artificiale incontra l'Internet of Things" (2023), https://blog.osservatori.net/it_it/intelligenza-artificiale-e-iot

⁹ "Recommendation system, cos'è, come viene utilizzato" (2023), <https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/recommendation-system-cose-come-viene-utilizzato/>

¹⁰ "Applicazioni dell'intelligenza artificiale nella logistica" (2021), <https://www.mecalux.it/articoli-sulla-logistica/intelligenza-artificiale-supply-chain>

Com'è noto, l'ottimizzazione e la gestione delle catene di approvvigionamento e di distribuzione, tenuto conto della numerosità degli articoli e/o dei punti di approvvigionamento/vendita/deposito, richiedono ormai analisi sofisticate.

Proprio in questo caso l'IA rappresenta un sistema molto efficace, probabilmente sempre più insostituibile, per connettere e monitorare tutta la filiera e tutti gli attori coinvolti.

Un esempio tipico di applicazione dell'IA al settore del Supply Chain Management è costituito dalla gestione degli ordini che, attraverso software basate sull'IA, non solo consentono la semplificazione dei processi ma anche la loro totale integrazione, dagli ordini/acquisti fino all'inventario del magazzino, dalle vendite fino ad arrivare addirittura all'integrazione con il Marketing in modo da poter gestire, preventivamente, le forniture in funzione delle attività promozionali previsti/in corso o della campagne di comunicazione da condurre.

2 CAPITOLO II: IA nel lavoro: Opportunità o minaccia?

2.1 Automazione dei processi aziendali: dall'automazione semplice (RPA) a quella intelligente (IPA)¹²

Attualmente, ove un'azienda intenda sviluppare il proprio business non deve prevedere solo l'impiego di risorse finanziarie per: la selezione ed assunzione di personale, l'acquisizione di nuove professionalità o l'acquisto di tecnologie innovative.

Al fine di raggiungere elevati livelli di redditività innalzando le prestazioni complessivamente fornite dai diversi settori aziendali, infatti, tra i settori su cui investire, attualmente assume una particolare rilevanza l'inclusione di strumenti e metodi propri dell'automazione intelligente, sia per lo svolgimento di processi semplici che di quelli più complessi.

Il livello di automazione dei processi o di autonomia da concedere a sistemi evoluti nella definizione delle procedure presenti nei processi aziendali è una scelta da ponderare attentamente sulla base: di obiettivi aziendali predefiniti, delle risorse finanziarie ed umane da mettere a disposizione.

L'individuazione preliminare dei gradi di autonomia da concedere all'interno di un processo aziendale (di produzione e/o di gestione) può aiutare ad individuare la strada da seguire.

Automatizzare un processo, infatti, significa tradurre in una sequenza logica comprensibile ad una apparecchiatura il processo precedentemente svolto da un addetto umano (pratiche, operazioni, processi aziendali, ecc.) riducendo, in tal modo, i tempi di esecuzione delle attività, velocizzando le elaborazioni necessarie e limitando i rischi connessi IA possibili errori collegati all'agire dell'uomo.

Mediante la *Robotic Process Automation* (RPA) è possibile programmare un software *bot* (diminutivo di *robot* – agente software che agisce in autonomia) affinché riproduca le azioni di un uomo, a patto che esse non richiedano alcun elemento cognitivo: in questo caso si tratta di un semplice bot deterministico “Even/If” (fIA questo se succede quello).

¹² <https://deltalogix.blog/2023/06/08/dai-robot-deterministici-agli-agenti-intelligenti-come-lai-migliora-lautomazione-dei-processi/>

A tal fine, quindi, tutte le attività comprese nel processo da “riprodurre” dovranno essere previste (fase di analisi), e tradotte in un linguaggio adatto (programmazione software), in modo da permettere al programma, così messo a punto, di agire autonomamente.

In corrispondenza di questo primo livello di automazione non esiste alcuna possibile variazioni a cui il bot si adatterà in autonomia.

Nell’ipotesi in cui si verifichi una situazione che differisce dai casi previsti dalla programmazione, il sistema non produrrà alcuna risposta, con possibile interruzione del processo e/o generazione di un errore.

Proprio per superare questa limitazione, quindi, ci si dovrà affidare all’IA e al suo specifica capacità di apprendere in modo automatico.

L’*Intelligent Process Automation* (IPA) costituisce lo snodo obbligato per accedere alla programmazione probabilistica; tale diverso livello di programmazione consente l’addestramento dei software attraverso la considerazione di un maggior numero di variabili in funzione del grado di autonomia che si intende raggiungere.

I software che consentono di giungere all’automazione cognitiva devono essere sottoposti ad una fase preliminare di addestramento, basata sui dati ottenuti da esperienze precedenti, e ad una successiva fase di applicazione attraverso l’analisi dei nuovi dati.

Come si può comprendere dai contenuti della successiva Figura 16, l’aumento di capacità di sostituire l’uomo da parte dei sistemi “automatici” prevede diverse fasi (o step) al crescere: del grado di automazione, della complessità del processo e del livello d’uso dell’IA.

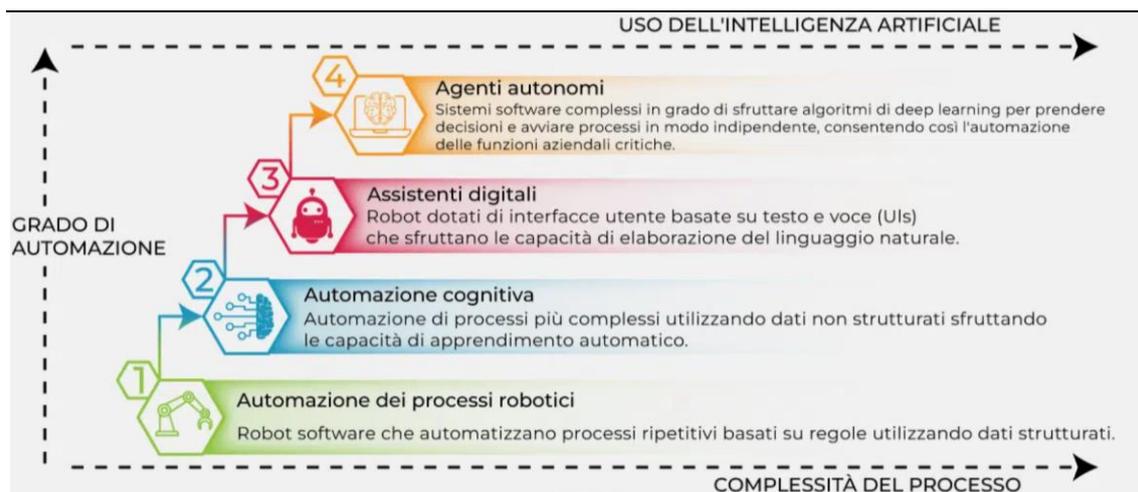


Figura 16: Il modello in 4 fasi dell'automazione intelligente dei processi – Dalla semplice elaborazione di massa IA sistemi intelligenti con autoapprendimento, Di Nardo, 2023

Di seguito si descrivono, per ogni step, le caratteristiche dei sistemi e le loro possibilità.

Step 1: La *Robotic Process Automation* da utilizzare per lo svolgimento di attività semplici e ripetitive

All'avvio dell'attività lavorativa, quotidianamente, ogni addetto svolge attività semplici che si ripetono con le stesse sequenze e che occupano la prima parte della giornata di lavoro, che dura da qualche minuto ad intervalli anche più lunghi, ed è caratterizzata da riti ripetitivi (ad es. sorvegliare un caffè o leggere le nuove email arrivata) utili al cervello umano per attivare i processi cognitivi necessari per il prosieguo delle sue occupazioni. Esistono, però, altri processi (a basso livello di concentrazione), che richiedono periodi più lunghi, che non sono funzionali ad attività successive ma, anzi, possono indurre a commettere errori.

Sorge, quindi, la domanda se i processi automatici possiedano caratteristiche utili per sostituire attività a basso livello di concentrazione, propedeutiche ad altre, che richiedono una maggiore partecipazione delle capacità intellettive dell'uomo: la *Robotic Process Automation (RPA)* costituisce la soluzione più adatta per consentire l'esecuzione di attività ripetitive che trattano dati strutturati.

I *bot RPA*, infatti, seguono regole e istruzioni già previste nella loro struttura e, per esempio, un bot RPA di tipo deterministico può essere "disegnato" per gestire le richieste di rimborso spese dei dipendenti; questo processo, normalmente, richiede, da parte dei dipendenti, la compilazione di moduli cartacei/elettronici contenenti tutte le informazioni

necessarie ed il successivo inoltro al dipartimento HR o amministrativo per la loro revisione/approvazione.

Tale compito, che i dipendenti devono assolvere, è lungo e non richiede, praticamente, nessuno o solo un minimo sforzo mentale.

Un *bot RPA* di tipo deterministico, invece, potrebbe compiere automaticamente i seguenti step (azioni):

- accedi al gestore di email del dipendente con l'individuazione dei messaggi contenenti richieste di rimborso;
- scarica gli allegati delle email individuate;
- analizza i suddetti allegati estraendo le informazioni pertinenti inserendole in uno specifico sistema interagente con il bot;
- confronta le richieste di rimborso con le procedure e casistiche previste dall'azienda segnalando eventuali difformità o mancanze IA dipendenti a cui esse si riferiscono;
- a seguito dei controlli, genera automaticamente la documentazione da sottoporre ad approvazione da parte dei responsabili;
- a valle dell'approvazione, aggiorna i databases e invia la comunicazione IA dipendenti.

E' chiaro come, grazie al *bot RPA*, diminuiscano i tempi di elaborazione, si evitano errori e, soprattutto, si sia in grado di distogliere energie umane da attività che non generano alcun beneficio al processo produttivo dell'azienda.

La limitazione costituita dalla possibilità di sostituire l'esecuzione di azioni semplici ed elementari con l'RPA rende però possibile la sua veloce implementazione nei sistemi aziendali preesistenti.

Step 2: L'automazione cognitiva per l'apprendimento e l'adattamento dei processi

Al fine di superare la limitazione dei *bot RPA* adatti all'esecuzione di azioni ripetitive si deve ricorrere a strumenti più "evoluti" costituiti dall'IA attraverso l'*Intelligent Process Automation (IPA)*; in questo caso non ci si baserà su dati strutturati che si basano su regole e istruzioni semplici, ma su algoritmi implementati nel software che dovranno, ad es., interpretare e-mail, documenti e/o immagini.

Al fine di semplificare/velocizzare le attività di sviluppo del software, accanto al lavoro dei programmatori il *machine learning* consentirà di automatizzare processi più complessi e permetterà di raggiungere gradi più elevati di apprendimento e adattamento.

L'automazione cognitiva, infatti, si basa sull'analisi delle esperienze pregresse attraverso la continua considerazione di dati storici preesistenti e nuovi creando, automaticamente, dei confronti (feedback) su cui modificare la propria struttura software.

Nel caso, ad es., della necessità di prevedere la domanda di prodotti o servizi: ove si utilizzino algoritmi sofisticati di machine learning e potendo accedere IA dati delle vendite effettuate nel passato, è possibile creare un modello predittivo basato sui dati storici in grado di individuare le tendenze ed i comportamenti dei consumatori.

Il modello così messo a punto può essere addestrato per individuare le variabili che influenzano la domanda (come ad es.: la stagionalità dei consumi, gli effetti delle promozioni commerciali, l'importanza dell'organizzazione di eventi speciali e il miglioramento delle condizioni economiche dei clienti) e definirne l'importanza assoluta e relativa.

Sulla base delle previsioni ottenute attraverso l'IPA possono essere messe a punto le informazioni e/o gli scenari da considerare nella formulazione delle decisioni aziendali quali, ad es.: la pianificazione spazio-temporale della produzione, la gestione quali-quantitativa dell'inventario, la definizione delle strategie di marketing (difensiva o espansiva) e la previsione delle risorse necessarie in termini quantitativi e temporali.

Poiché i modelli di tipo IPA possono essere addestrati con continuità attraverso la raccolta e l'elaborazione di nuovi dati, essi possono adeguarsi continuamente IA cambiamenti nel mercato e/o, addirittura, migliorare le proprie performances nel tempo a seguito delle esperienze condotte sulla base di una maggiore quantità di casi passati esaminati.

L'automazione cognitiva dei processi, quindi, permette la formulazione di previsioni più precise ed efficienti rispetto alla più tradizionale analisi manuale dei dati: ciò evidenzia come già solo con un livello elementare di AI, si può migliorare notevolmente il grado di autonomia dei sistemi fornendo un più rilevante supporto a processi maggiormente più complessi.

Step 3: Gli assistenti digitali per l'elaborazione del linguaggio

Partendo dall'automazione cognitiva, che si basa sulle proprietà offerte da IA e ML, si può pervenire a simulare attività umane come quelle alla base dell'elaborazione del linguaggio.

I sistemi di automazione cognitiva possono giungere, per loro specifiche caratteristiche, non solo a comprendere ma, addirittura, ad elaborare il linguaggio umano (*NLP = Natural*

Language Processing) perché basati su software in grado di estrarre significati da testi, scritti o orali, e che sono in grado di elaborare risposte/analisi “intelligenti” basati su di essi.

L’*NLP* consente alle aziende che la utilizzano, di sfruttarne le capacità per mettere a punto assistenti vocali e/o altri tipi di ausili basati sull’analisi e/o elaborazione del linguaggio; ciò consentirà IA clienti di interagire con le aziende in modo automatico e senza limiti di tempo e/o fasce orarie.

Gli assistenti virtuali, se inseriti in una strategia generale volta a migliorare il rapporto con la clientela attraverso una più soddisfacente *customer experience*, potranno migliorare significativamente i risultati aziendali riducendo, contemporaneamente, l’impiego di risorse per tale tipo di attività.

L’esempio più pertinente, in questo caso, riguarda l’utilizzo di un *chatbot* per migliorare la customer experience nella fase di approccio con un’azienda.

Come esempio si può presentare l’esperienza di un nuovo potenziale cliente che visita, per la prima volta, il sito web di un’azienda per acquisire informazioni e/o assistenza per un prodotto/servizio già acquistato.

E’ chiaro che l’utente medio non è disponibile a “perdere” tempo per esplorare i vari menù proposti o, a maggior ragione, per leggere decine e decine di FAQ con l’eventuale necessità di dover inoltrare una mail per la soluzione del proprio particolare problema rimanendo, comunque, in attesa per una risposta senza poter conoscere, preventivamente, il tempo massimo di servizio.

La intempestività nel fornire una risposta può, potenzialmente, causare la perdita del possibile cliente o l’emissione di una recensione negativa per difficoltà nel ricevere assistenza post-acquisto.

Al fine migliorare l’approccio con il cliente, quindi, si possono adottare due possibili soluzioni incrementando, per esempio, la capacità (e competenza) del servizio clienti (il che comporta l’utilizzazione di maggiori risorse finanziarie) oppure adottando un assistente virtuale gestito da un bot intelligente che dovrebbe occuparsi di rispondere alle domande poste dai clienti.

L’assistente virtuale, rispetto agli addetti, sarà disponibile a fornire (24 ore al giorno per tutti i giorni dell’anno) le risposte opportune come: presentare informazioni dettagliate sui prodotti o servizi dell’azienda, comunicare i tempi di consegna a seguito dei possibili

ordini della clientela, dare indicazioni come risolvere alcuni problemi comuni di interazione con il sito internet, fornire le necessarie informazioni per pianificare gli ordini, ecc..

Utilizzando il bot intelligente, quindi, si potrà disporre di uno strumento che non limita il numero dei clienti contemporaneamente collegati al sito riducendo, allo stesso tempo, la durata dell'interazione.

Le risposte che fornirà l'assistente virtuale, capace di apprendere costantemente con il suo uso, saranno sempre più adeguate alle possibili domande in quanto si baseranno sulle esperienze condotte con i clienti precedentemente serviti e che costituiranno la base dati per l'autoapprendimento.

E' noto a tutti come gli utenti stiano familiarizzando sempre più con questa nuova forma di comunicazione utilizzata, ormai, dalle più importanti aziende italiane del settore telefonia.

Step 4: Gli agenti autonomi per il processo decisionale

Il livello di automazione intelligente più evoluto opera sui processi complessi che consentono la formulazione delle decisioni.

I processi complessi eseguiti dall'automazione intelligente, in questo caso, si basano sull'analisi approfondita dei dati (relativi anche a più aspetti dello stesso fenomeno e/o fattori tra loro correlati) condotta anche mediante il *deep learning*, che consente di costruire, in modo automatico, un'ampia panoramica di casi diversi sulla base dei quali è possibile elaborare analisi ed individuare, in modo autonomo, le previsioni per le attività sia di breve che di lungo termine non escludendo, comunque, l'intervento umano se non si vuole delegare completamente all'IA le decisioni.

I campi di applicazione degli agenti autonomi e le conclusioni da essi formulate si estendono a diversi settori quali:

- l'ottimizzazione delle procedure e l'individuazione quali-quantitativa dell'approvvigionamento di materie prime per il rifornimento dei magazzini;
- la gestione delle risorse umane sia in fase di acquisizione di nuovo personale che di interazione con quello già presente in azienda;
- la pianificazione finanziaria per lo sviluppo aziendale ed il raggiungimento dei suoi obiettivi;

-
- l'analisi dei rischi correlati al settore di operatività dell'azienda e la definizione di strategie per la loro limitazione.

Proprio per la loro elevatissima capacità di elaborazione, in tempo reale, delle informazioni continuamente raccolte, il bot è in grado di elaborare utili raccomandazioni e tempestivi suggerimenti alla base di strategie da considerare nell'ambito della definizione delle decisioni che i settori apicali (decisori) dell'azienda devono costantemente assumere.

Nel caso in cui si dotino i macchinari presenti in azienda di adeguati software basati sull'intelligenza automatica, si giunge a realizzare dei *robot intelligenti* in grado di interagire autonomamente con l'esterno in conseguenza di stimoli provenienti dall'ambiente in cui essi operano e di migliorarsi continuamente sulla base degli input informativi ricevuti.

I software dotati di intelligenza inseriti nei robot permettono loro di adattarsi, con abilità, IA mutevoli stimoli, variabili nello spazio e nel tempo, provenienti dall'esterno: un esempio tipico di applicazione ottimale dell'intelligenza automatizzata è costituito da una fabbrica che necessita di un controllo costante del processo produttivo per standardizzare la produzione e renderlo più efficiente.

Al fine di poter acquisire, in tempo reale, quante più informazioni possibili, i macchinari dotati di intelligenza automatizzata, devono, ovviamente, essere corredati di adeguati sensori avanzati capaci di monitorare, ad es.: le condizioni di lavoro in cui essi operano (temperatura, umidità, polveri, ecc.), le prestazioni della macchina stessa (temperatura di esercizio di parti sensibili, consumi istantanei e medi, velocità operativa, comparazione tra operazioni compiute e programmate dai cicli di manutenzione, ecc.), le misurazioni di qualità dei prodotti rispetto a quelli previsti, ecc.

Tenendo conto del complesso delle informazioni rilevate con continuità, il sistema di intelligenza automatizzata è in grado di adeguare, dinamicamente, tutte le attività alla base del processo da esso governato in funzione delle variazioni delle condizioni di produzione; il sistema, conseguentemente, sulla base di eventuali anomalie e variazioni di standard qualitativi rilevati, individua le necessarie correzioni operando autonomamente al fine di eliminare gli errori commessi.

Il sistema di intelligenza automatizzata, contemporaneamente, possiede la capacità di pianificare e organizzare in modo ottimale la produzione in funzione degli ordini della

clientela e tenendo conto dei tempi di consegna richiesti, basandosi sulle effettive risorse disponibili e/o da alimentare.

Le suddette capacità, quindi, consentono di massimizzare l'utilizzo delle risorse riducendo gli sprechi di materiali e di energia e, conseguentemente, migliorando i livelli di efficienza complessiva della produzione/vendita.

Il ruolo della componente umana, tuttavia, non scompare ma si trasforma funzionalmente, esso assume, infatti, il compito essenziale di sovrintendere a tutto il sistema, in modo da assicurare gli opportuni livelli di sicurezza dei lavoratori ed il mantenimento degli standard qualitativi previsti per i prodotti.

Da non dimenticare, infine, il ruolo che l'uomo (management aziendale) deve comunque e sempre assumere in relazione alla formulazione ultima delle decisioni strategiche relative al futuro dello sviluppo aziendale.

Le ragioni alla base della necessità (opportunità) di riservare all'uomo le decisioni ultime risiedono nell'organizzazione delle aziende, ove il management ha il compito di considerare anche altri fattori oltre a quelli utilizzati come input dal sistema intelligente, e nelle implicazioni etiche della produzione che non possono non essere valutate se non con il punto di vista umano non essendo possibile affidarle a qualunque altro sofisticato algoritmo.

Anche gli aspetti della sfera emotiva, l'intuito e la creatività sono componenti del processo elaborativo umano che sono sempre presenti nelle sue decisioni e, ancora oggi, non è stato predisposto alcun algoritmo capace di riprodurre il ruolo.

Nella Figura 17 sono illustrate le tre tipologie di IA e le loro possibili applicazioni future:

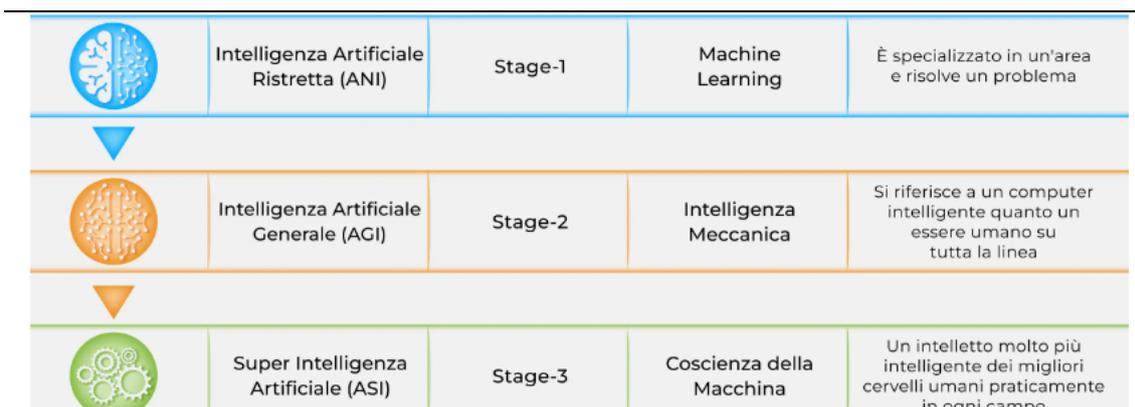


Figura 17: Intelligenza Artificiale: Tipologie e loro possibili applicazioni, Di Nardo, 2023

2.2 Automazione intelligente: vantaggi e sfide per le aziende¹³

2.2.1 Premessa

L'automazione intelligente, come detto, può aiutare a ridurre errori nei processi ripetitivi e monotoni che, per loro natura, può far sorgere errori involontari oltre che accrescere la probabilità di perdere dati e/o informazioni: un esempio tipico può essere costituito dai processi amministrativi di un'azienda che, spesso, richiedono un'ampia quantità di tempo e risorse umane per eseguirli in modo accurato ed efficiente.

Il processo che permette l'introduzione dell'automazione intelligente all'interno di un'azienda è impegnativo poiché non esiste uno standard, unico e definito, per conseguire tale obiettivo.

A tale scopo, infatti, si deve porre attenzione a processi come:

- La comprensione intelligente del contenuto dei documenti sottoposti al sistema;
- l'individuazione autonoma dei processi esistenti all'interno dell'azienda;
- la capacità di automatizzare i processi presenti all'interno dell'azienda.

Il primo processo da considerare nell'automazione intelligente di un'azienda consiste nel comprendere, in modo intelligente, il contenuto dei documenti che consente l'analisi di dati non strutturati con sistematicità come quelli presenti: nelle e-mail, nelle recensioni dei clienti e nei video ricevuti; l'IA permette di trasformare le informazioni in essi contenute in dati strutturati attraverso l'uso di tecnologie avanzate come l'*elaborazione del linguaggio naturale* e la *computer vision*.

¹³ https://deltalogix.blog/2023/02/22/automazione-intelligente-vantaggi-e-sfide-per-le-aziende/?related_post_from=5553

Il secondo processo consiste nella capacità offerte dall'IA di eseguire autonomamente la scoperta automatizzata dei processi aziendali mediante l'uso dei *bot software* contenuti all'interno del suo ecosistema; ciò consente di semplificare e ridurre apprezzabilmente il lavoro degli addetti ad essi dedicati aumentando la precisione dei risultati con eliminazione della maggior parte degli errori.

Il terzo processo, infine, grazie alle tecnologie avanzate presenti nell'IA, si basa sull'analisi avanzata dei dati non strutturati attraverso la quale le aziende possono prendere in esame grandi quantità di dati che caratterizzano i propri clienti e/o le interazioni con altre fonti (ad es. social media, interazioni internet, ecc.); ciò permette alle aziende di ottenere utili indicazioni per migliorare i loro prodotti e servizi attraverso l'adozione di decisioni informate per la crescita dell'azienda.



Figura 18: Automazione intelligente: vantaggi e sfide per le aziende, Granata, 2023

L'automazione intelligente, quindi, sta fornendo utili strumenti per incrementare l'efficienza aziendale attraverso la semplificazione delle attività quotidiane dei dipendenti e l'acquisizione di informazioni preziose per la loro crescita.

2.2.2 Vantaggi conseguibili dalle aziende

Come brevemente illustrato, l'automazione intelligente fornisce la possibilità di conseguire numerosi vantaggi in relazione IA processi amministrativi-gestionali delle aziende, tra cui possiamo evidenziare:

-
- la maggiore efficienza dei processi ripetitivi e monotoni: attraverso l'automazione intelligente è possibile ridurre i tempi di attesa e di elaborazione aumentando, in tal modo, l'efficienza complessiva dell'azienda;
 - la riduzione degli errori umani: i sistemi basati sull'automazione intelligente sono in grado di elaborare i dati, non solo in modo più veloce degli umani ma, anche, in modo più preciso e coerente;
 - il risparmio di tempo degli addetti e di risorse aziendali: la maggiore velocità nell'esecuzione dei processi consente di risparmiare tempo e risorse;
 - la gestione migliore dei dati "massivi": la maggiore rapidità permette, nello stesso tempo, di gestire grandi quantità di dati con maggiori livelli di efficienza e precisione riducendo, in tal modo, le possibilità di commettere errori e/o perdita di informazioni;
 - una migliore e più flessibile customer experience: consente di fornire IA clienti un'esperienza estesa temporalmente a tutte le ore dell'anno e più corrispondente alle esigenze di ciascun di essi (personalizzazione) poiché i sistemi possono raccogliere e analizzare i dati dei soggetti che hanno già contattato l'azienda per fornire soluzioni e assistenza più efficaci basate, anche, sulla conoscenza dell'offerta aziendale aggiornabile in tempo reale;
 - l'adattamento IA cambiamenti del mercato: l'aggiornamento, in tempo reale e con continuità, delle informazioni da fornire IA clienti consente all'azienda di adattarsi più rapidamente IA cambiamenti del mercato e alle sue sempre mutevoli esigenze, poiché i sistemi possono essere facilmente adattati e aggiornati per essere più rispondenti alle necessità;
 - la riduzione dei costi: è in grado di diminuire i costi aziendali legati a settori "non direttamente produttivi" poiché permette l'utilizzazione di risorse più limitate per eseguire processi più efficienti e precisi.

L'automazione intelligente, tuttavia, non costituisce una soluzione per tutte le necessità aziendali e può comportare alcune sfide e difficoltà come verrà illustrato nel successivo paragrafo.

2.2.3 I rischi dell'automazione intelligente

L'adozione dell'automazione intelligente nei processi amministrativi-gestionali delle aziende rappresenta una sfida collegabile ad una serie di aspetti tra i quali possiamo

comprendere: la difficoltà a reperire personale con adeguate competenze tecniche, la difficoltà ad accettare i cambiamenti da parte del management e dei dipendenti, la gestione della privacy e la necessità di garantire la sicurezza dei dati.

La resistenza al cambiamento, soprattutto da parte dei dipendenti, costituisce una difficoltà comune per la diffusione dell'automazione intelligente all'interno delle aziende. Essa, infatti, può comportare modifiche importanti sia nei processi lavorativi più o meno complessi che nella gestione del lavoro quotidianamente eseguito dalle maestranze, il che introduce elementi di preoccupazione da parte alcune figure tra i dipendenti.

Al fine di superare i possibili pregiudizi è, quindi, di fondamentale importanza coinvolgere, in modo proattivo, i lavoratori e comunicare loro, in modo chiaro e trasparente, i benefici conseguibili attraverso l'implementazione dell'automazione intelligente.

La privacy, da garantire nel rispetto della normativa vigente ed in relazione alle informazioni personali e/o aziendali, oltre che la sicurezza nella gestione dei dati, sono altre difficoltà da superare nell'introduzione dell'automazione intelligente all'interno delle aziende.

Al fine di conseguire l'utilizzazione efficace dell'automazione intelligente nei processi amministrativi-gestionali, è importante la pianificazione strategica con la quale definire gli obiettivi e le aspettative dell'implementazione di tale strumento nell'azienda; altrettanto importante è la definizione di un piano d'azione dettagliato.

La formazione dei dipendenti presenti in azienda e/o l'assunzione di altri tecnici preparati nel settore dell'automazione intelligente è cruciale per l'utilizzo delle nuove tecnologie e la modifica del modo di lavorare.

Al fine di rendere fruibile il supporto fornito dall'automazione intelligente a tutti i livelli dell'organizzazione è, altresì, importante coinvolgere tutti i dipendenti e le parti interessate in modo trasparente e inclusivo.

2.2.4 Verso un futuro migliore

L'automazione intelligente, in definitiva, sta trasformando il modo in cui si lavora e, nonostante l'esistenza di rischi e sfide per le aziende ed i loro dipendenti, ci sono anche molte opportunità per migliorare l'efficienza complessiva dell'impresa, la produttività dei dipendenti e la qualità del lavoro percepita dagli addetti.

Per sfruttare appieno le opportunità offerte dall'automazione intelligente, quindi, è di fondamentale importanza investire nella formazione dei lavoratori ed acquisire, all'interno dell'azienda, le competenze necessarie, anche attraverso l'acquisizione di professionalità già formate.

È importante, inoltre, sviluppare politiche e iniziative che promuovano, all'interno delle aziende, l'utilizzo equo e consapevole dell'automazione intelligente in modo da rendere possibile la crescita economica e la prosperità, sia per le imprese che per i lavoratori in esse operanti.

Chi è in grado di utilizzare in modo appropriato l'automazione intelligente acquisisce, già oggi, un vantaggio competitivo nel mercato del lavoro e potrà contribuire a creare un futuro migliore per tutti (aziende e lavoratori).

2.3 Automazione dei processi: gli errori da evitare¹⁴

2.3.1 Premessa

La decisione di introdurre l'automazione in azienda può dipendere da motivazioni "interne" (conoscenza dello strumento e consapevolezza dei vantaggi e delle sfide da superare da parte dei leader) ed "esterne" (collegate alla costante diffusione di tale tipologia di strumenti presso aziende di vario tipo ma, soprattutto, tra quelle concorrenti). Capita spesso, però, che si confonda l'introduzione dell'automazione in azienda con il solo acquisto di un software o di un macchinario/impianto automatizzato: i risultati dell'implementazione sono completamente diversi rispetto alla vera "rivoluzione" resa possibile dalla vera e propria automazione intelligente.

Di seguito sono esposti gli errori comuni che, in molte aziende, ostacolano il vero e proprio raggiungimento dei vantaggi dell'automazione.

2.3.2 Errori di approccio e di strategia

Nella fase iniziale di approccio all'automazione intelligente si compie il primo errore: come nel caso della rivoluzione digitale, la decisione di automatizzare i processi non equivale affatto al solo acquisto di un macchinario o di un software.

¹⁴ https://deltalogix.blog/2022/06/22/automazione-dei-processi-gli-errori-da-evitare/?related_post_from=4537

All'interno dell'azienda, invece, deve essere avviato un cambiamento incrementale a partire da alcuni settori cruciali per la vita e le attività aziendali e, man mano, esso deve espandersi a tutte le attività che potrebbero ottenere benefici a seguito di questa azione.

Se, ad esempio, si intende automatizzare le attività per la customer experience non è possibile limitare l'innovazione al solo reparto marketing ma, al contrario, a tutti i reparti che sono coinvolti nella realizzazione del prodotto/servizio da vendere al cliente finale.

Le informazioni del dataset da utilizzare nella fase di programmazione (addestramento) dell'algoritmo dovranno essere, obbligatoriamente, il frutto della collaborazione tra i vari settori coinvolti presenti in azienda.

Poiché l'automazione permetterà di raccogliere, organizzare e gestire i dati da considerare anche nel processo decisionale, i benefici raggiungeranno, quindi, anche i vertici aziendali.

Da quanto precede emergono le ragioni che spiegano come l'introduzione dell'automazione intelligente coinvolga l'intera azienda e, per quali motivi, prima di implementare l'automazione, è fondamentale definire una strategia a breve, medio e lungo termine stilando le linee guida e le regole operative necessarie per stabilire ruoli e modalità che rendano possibile il rapido processo di cambiamento.

Spesso, invece, si commette l'errore di pianificare le sole attività a breve termine e che si limitano al solo reparto individuato come "settore pilota" per l'avvio sperimentale dell'automazione.

Un altro errore da non commettere assolutamente è costituito, già nella primissima fase di introduzione dell'automazione intelligente, dal coinvolgimento di diversi stakeholder, che devono avere esperienza nel campo dell'automazione, ed il reparto IT aziendale che si dovrà occupare dell'implementazione all'interno dell'azienda ed alla sua manutenzione/gestione.

Il supporto per l'evoluzione dell'azienda verso un processo digitale, usando la *Robotic Process Automation* (RPA), è fondamentale che sia curato da esperti della materia; tali professionisti, infatti, possono fornire una visione del futuro assetto delle procedure così innovative e progettare software personalizzati ed efficienti sin dalla prima *release*.

Nella Figura 19 sono sinteticamente illustrati i dieci più comuni errori che si possono commettere nel processo di implementazione dell'automazione all'interno delle aziende.



Figura 19: 10 errori comuni nell'automazione aziendale, Di Nardo, 2022

2.3.3 Errori nell'implementazione dell'automazione

Normalmente si commette l'errore di considerare che l'automazione e la *Robotic Process Automation* (con i suoi bot) possono essere di ausilio nell'esecuzione di attività semplici e ripetitive.

Non è affatto così, l'RPA può essere di ausilio in tutte le operazioni per le quali la trasformazione digitale può arrecare vantaggi tra le quali possiamo elencare: controllo dei flussi di lavoro, acquisizione continuativa di dati, ausilio nella creazione di basi dati per processi decisionali, interazione con la clientela, monitoraggio e controllo di processi aziendali.

Attualmente, inoltre, l'introduzione dell'IA come strumento di potenziamento dei bot consente di delineare *tendenze future* tese all'ampliamento delle loro prestazioni e livelli di affidabilità.

E' necessario, tuttavia, porre molta attenzione nella fase di scelta dei processi da coinvolgere: un tipico errore è costituito dall'avviare progetti lunghi ed elaborati che, spesso, si rivelano non adatti.

E' opportuno, invece, procedere gradualmente da applicazioni semplici per poi proseguire gradualmente con l'implementazione dell'automazione di progetti via via più complessi.

Un altro errore di particolare rilevanza è costituito dal mancato coinvolgimento delle risorse che utilizzeranno i bot programmati fin dalla fase iniziale di implementazione.

Anche se, in molti casi, le aziende attivano corsi di formazione subito dopo l'implementazione della *Robotic Process Automation*, sono invece poche quelle che

comunicano all'interno dell'azienda la trasformazione che si sta compiendo ed illustrano sufficientemente il nuovo approccio.

Un altro errore compiuto è costituito, nel lungo periodo, dalla mancata destinazione di risorse alla supervisione e IA test di verifica.

E' necessario coinvolgere nella trasformazione dell'azienda anche i dipendenti che lavorano in altri reparti collegati a quelli in cui si sta implementando l'automazione, nel caso contrario si rischia di creare dei settori "isolati" e perdere i benefici o le opportunità possibili a seguito dei collegamenti con le altre attività presenti in azienda.

Particolare importanza assume, quindi, la diffusione della cultura per l'innovazione digitale all'interno dell'azienda assicurando a tutti una conoscenza adeguata per il suo utilizzo in modo da consentire la crescita digitale completa dell'azienda.

E' fondamentale, da questo punto di vista, dimostrare agilità e flessibilità da parte delle aziende in modo da riuscire a sfruttare al meglio il potenziale di qualsiasi cambiamento.

2.3.4 Errori nelle valutazioni finali

Al fine di valutare, in maniera corretta, gli effetti conseguenti all'investimento per automazione, riuscendo a comprendere se e/o quanto esso sia stato realmente produttivo, è necessario individuare quali sono i parametri di giudizio più adatti.

Poiché l'errore più comune è costituito dalla scelta di metriche sbagliate, al fine di evitare tale tipo di errore ci si deve affidare ad un partner che offre servizi di automazione e che è in grado di indicare quali sono i KPI¹⁵ da prendere in considerazione.

Il costante monitoraggio di tali KPI permette di individuare le azioni più opportune per ottenere il massimo rendimento dell'azienda proseguendo il percorso di trasformazione digitale.

Parametri di giudizio importanti per misurare l'efficacia dei processi di automazione potrebbero essere quelli che indicano il *portfolio di bot* che stanno operando e che sono correlati con il processo di crescita dell'automazione in azienda.

¹⁵ I KPI, acronimo di *Key Performance Indicators* (indicatori chiave di performance), sono un insieme di misure quantificabili che un'azienda utilizza per valutare le sue prestazioni nel tempo. Queste metriche vengono utilizzate per determinare il progresso di un'azienda nel conseguimento dei suoi obiettivi strategici e operativi, nonché per confrontare le sue prestazioni in relazione ad altre aziende all'interno del suo settore. Un KPI è una misura quantitativa che indica il progresso verso un obiettivo. In altre parole, è un valore numerico che mostra se la situazione attuale dell'azienda in un'area è vicina o lontana dall'obiettivo.

Altri parametri misurano la velocità di esecuzione dei processi automatizzati e, nel loro insieme, consentono di sintetizzare il valore atteso a seguito dell'automazione.

Il *Break-Fix Cycles*¹⁶ influisce direttamente sul ROI attraverso l'indicazione di quali bot hanno smesso di funzionare interrompendo il processo a cui erano destinati riducendo, in tal modo, l'efficienza operativa complessiva per l'azienda.

È importante evidenziare come, al fine di valutare correttamente il funzionamento dell'introduzione dei processi automatizzati, sia necessaria una lettura globale dei KPI che, presi singolarmente, potrebbero rappresentare, in modo parziale, il quadro reale complessivo.

Se, per esempio, consideriamo il solo numero di bot utilizzati nei processi aziendali, un suo aumento potrebbe indurre il valutatore ad una previsione, errata, di un ROI molto elevato.

Se, al contrario, si confronta il numero con i processi automatici che hanno realmente apportato un miglioramento all'efficienza aziendale, con una contemporanea riduzione di costi, la stima così ottenuta è sicuramente molto più realistica e consentirà di individuare i processi che, invece, non apportano i frutti sperati con l'automazione a causa di errori nella loro utilizzazione o perché necessitavano di una progettazione diversa.

Al fine di evitare i suddetti errori e/o limitarne gli effetti, per ottenere i maggiori benefici dall'automazione, è necessario affidarsi ad esperti che individuino, preventivamente, soluzioni su misura garantendo un supporto professionale lungo il percorso, dalla loro prima implementazione alle loro successive modifiche e/o aggiornamenti.

Se nell'azienda esistono professionalità nel settore dell'automazione sarà molto più semplice ed efficace la diffusione della *cultura digitale* anche alle altre figure presenti.

¹⁶ Il modello Break/Fix è un approccio reattivo nell'ambito dei servizi IT. In questo modello, i fornitori di servizi IT vengono chiamati solo quando si verifica un'interruzione o un guasto. Tuttavia, negli ultimi anni, il modello Break/Fix sta perdendo popolarità a favore dei servizi gestiti. Questi ultimi offrono un supporto proattivo, manutenzione continua e una partnership a lungo termine con i clienti. I servizi gestiti sono più adatti all'IT moderno, poiché consentono di prevenire problemi anziché risolverli solo quando si verificano.

2.4 Robotic Process Automation avanzata: come crescono i vantaggi per le aziende¹⁷

2.4.1 RPA: Quali aziende possono ottenere vantaggi maggiori?

L'uso della *Robotic Process Automation* pur essendo vantaggiosa per qualsiasi tipologia di business non può apportare lo stesso livello di benefici a realtà produttive differenti dipendendo dal *business model* dell'impresa.

In pratica, se la collocazione di mercato dell'azienda è tale da non garantire l'acquisizione di ulteriori quote di vendite, la RPA può ottimizzare i processi (ed eventualmente i costi) ma l'aumento dei ricavi sarà relativo.

In generale, quando il processo automatizzato dipende da una quantità finita (ad es. vendite), o una logistica limitata, anche i benefici dell'automazione non possono che essere limitati.

Nel caso, ad esempio, di un'azienda che produce attrezzature da neve, essa è soggetta a variazioni di vendite durante l'anno con dei picchi in cui la domanda aumenterà al punto che le risorse del servizio clienti non consentiranno di rispondere tempestivamente alle richieste.

L'imprenditore potrebbe automatizzare, con un *chatbot*, la fase di contatto iniziale con i potenziali clienti con, in una prima fase, un aumento dei ricavi (e relativi guadagni) fino al limite imposto dalla capacità produttiva massima degli impianti: ogni ulteriore incremento della domanda potrebbe essere soddisfatto solo investendo nell'acquisto di nuovi macchinari e/o personale.

Da quanto esposto, quindi, emerge come ci siano diversi livelli di automazione da personalizzare a seconda del business model aziendale:

- nella prima fase di digitalizzazione di un'azienda si possono trasformare le attività semplici e routinarie;
- successivamente si possono automatizzare processi complessi, ma in tali casi, si dovrebbe investire non solo in RPA ma anche in software di IA poiché l'RPA non può gestire informazioni più complesse che richiedono manipolazione o modifiche.

¹⁷ https://deltalogix.blog/2021/11/17/robotic-process-automation-avanzata-come-crescono-i-vantaggi-per-le-aziende/?related_post_from=3475

Nel successivo paragrafo sono illustrati i principali vantaggi che possono essere conseguiti con l'automazione all'interno delle aziende.

2.4.2 I vantaggi della Robotic Process Automation

Nella Figura 20 sono sinteticamente riassunti gli effetti dell'introduzione dell'RPA considerati come componenti, in misura variabile, della riduzione dei costi e/o del miglioramento delle entrate:



Figura 20: L'RPA da misura di riduzione dei costi a strumento di incremento delle entrate, Di Nardo, 2021

Di seguito, per ciascun aspetto inerente la riduzione dei costi e/o l'aumento dei ricavi sono descritti i principali vantaggi nell'adozione dell'RPA all'interno dell'azienda.

Costi ridotti e ricavi in crescita:

Gli investimenti in strumenti e tecnologie capaci di implementare l'automazione di attività e processi presenti nell'azienda non consente in un risparmio economico immediato.

In effetti il primo miglioramento visibile che si può ottenere consiste nell'ottimizzazione dei tempi. Sostituire risorse umane con un software RPA, in pratica, significa poter utilizzare il tempo degli addetti per dedicarlo ad altre attività riducendo le risorse a parità di obiettivi raggiunti.

Poiché si potranno ridurre anche i tempi di consegna, a parità di risorse, si potranno accettare un numero maggiore di ordinativi aumentando, conseguentemente, i ricavi fino

al raggiungimento della capacità produttiva aziendale: con l'automazione si accelerano le dinamiche operative.

Miglioramento della qualità e della quantità di lavoro:

Poiché l'automazione consente di supportare l'uomo nelle attività in cui il suo ingegno è sprecato, in effetti, essa non si sostituisce alle risorse ma consente di stimolare il talento dei dipendenti migliorando la qualità del loro lavoro.

Proprio le attività semplici e di routine fanno sprecare tempo prezioso anche a dipendenti esperti e qualificati che non potendo dedicarsi ad attività più strategiche utili, soprattutto nel lungo periodo, all'azienda ne pregiudicano lo sviluppo.

Soprattutto nelle realtà imprenditoriali più piccole molte risorse umane (ad es. nel reparto amministrativo) rivestono il *duplice ruolo, strategico e operativo*.

Non essendo umana, l'automazione non si stanca e, conseguentemente, non commette errori come l'addetto umano! Spesso, infatti, il "pilota automatico" che l'addetto utilizza inconsciamente quando comincia a stancarsi, commette errori.

Disponibilità 24/7 e soddisfazione del cliente:

La disponibilità continuativa dei software dotati di RPA consente di offrire un servizio che risponde automaticamente IA clienti (anche durante i periodi festivi e di notte), il feedback sarà così immediato e senza limiti orari tipici dell'addetto umano.

L'immediatezza della risposta sempre disponibile, ovviamente, si rifletterà sulla soddisfazione dei clienti.

Anche l'azienda, in questo caso, otterrà dei vantaggi poiché le risorse precedentemente impiegate per l'assistenza IA clienti potranno essere destinate alle sole interazioni più complesse con clienti più esigenti che non possono essere completamente soddisfatti da un assistente virtuale per varie ragioni legate alle particolarità del cliente e/o delle sue esigenze.

Le stesse risorse umane, disponendo di più tempo, potranno dedicarsi alla soluzione di un particolare problema esposto, occasionalmente, al servizio clienti oppure alla redazione di rapporti di analisi sulle esigenze esposte dai clienti o su suggerimenti da essi comunicati;

Raggiungere nuove economie di scala:

La possibilità del raggiungimento di nuove economie di scala può essere conseguito, indirettamente, attraverso l'uso dell'RPA che migliora l'efficienza dei processi e consente la riduzione dei costi.

Altro elemento importante per il raggiungimento di nuove economie di scala, inoltre, è costituito dalla raccolta e alla classificazione dei dati che, automaticamente, viene eseguita dai software che li organizza in modo da poter essere consultate rapidamente e da tutti i diversi possibili destinatari all'interno dell'azienda permettendo, ad es., IA manager di effettuare una più attenta valutazione dei costi, fissi e variabili, e dei possibili incrementi della produzione in relazione al livello di efficientamento dei processi.

Collaborazione migliore tra risorse interne ed esterne:

In una fase in cui un'azienda cresce rapidamente, non è prudente assumere immediatamente nuovo personale anche se ciò si comporta, in una prima fase, un sovraccarico del lavoro dei dipendenti già presenti in azienda poiché a fronte di nuova domanda l'offerta non può crescere in modo corrispondente.

Se si automatizzano le attività più semplici si può recuperare tempo da dedicare a nuovi scenari di sviluppo societario e/o realizzare nuove idee.

Un dipendente che avrà a disposizione tempo potrà dedicarsi con più attenzione anche IA rapporti con i fornitori, con i colleghi e con i clienti.

I benefici, quindi, non si limiteranno all'ambiente di lavoro interno all'azienda ma raggiungeranno anche i soggetti con i quali essa intesserà rapporti.

Velocizzare la digitalizzazione dei processi:

L'implementazione della *Robotic Process Automation* è uno dei primi passi per la digitalizzazione dei processi aziendali.

I software per l'automazione sono programmati per interagire con i software gestionali e interfacciarsi con le altre soluzioni/impianti/macchinari presenti in azienda, senza richiedere cambiamenti invasivi.

Sulla base di tale proprietà, quando si opta per questa soluzione, sarà opportuno tener presente che i tempi di implementazione saranno ridotti e, nel giro di giorni o pochi mesi, si potranno già ottenere notevoli benefici.

Ovviamente, per la trasformazione digitale dei processi non è sufficiente acquistare o mettere a punto software che utilizzino al meglio le nuove tecnologie presenti sul mercato: serve anche, e soprattutto, un cambio culturale e di *mindset aziendale* e, sostanzialmente,

un processo di *Change Management* secondo le 4 attività indicate nella Figura 21 e che devono essere compiuti per digitalizzare attività e processi aziendali.



Figura 21: Gli step verso il Change Management, Di Nardo, 2021

Subito dopo, serve un ripensamento/verifica dei processi presenti all'interno dell'azienda che sfrutti i vantaggi possibili con l'adozione dell'RPA e che sia funzionale alle attività proprie dell'impresa.

Poiché l'automazione non corregge/migliora i processi ma ne velocizza l'esecuzione se un'attività segue procedure errate, l'automazione non farà altro che velocizzare l'errore commesso aumentandone gli effetti negativi.

2.5 Competenze richieste al personale e strategie per la sua acquisizione

Come si potrà comprendere dai contenuti dei successivi paragrafi, al fine di poter far sviluppare l'IA all'interno delle aziende e, più in generale, nel mondo del lavoro è necessario adeguare la "formazione" di base alle richieste imposte da questa "innovazione".

Nei successivi paragrafi si affrontano gli aspetti generali relativi alle competenze richieste per interagire con sistemi basati sull'IA (vedi § 2.5.1) e, successivamente, sono descritte le strategie aziendali per l'acquisizione di personale con competenze in questo settore (vedi § 2.5.3).

2.5.1 *Competenze preliminari richieste per lavorare con l'IA*

Secondo il *World Economic Forum*¹⁸, gli studenti moderni hanno bisogno di tre blocchi di competenze riguardanti: gli aspetti tecnico-scientifici, l'approccio proattivo al *problem solving* e le qualità caratteriali.

Tra le competenze tecnico-scientifiche, acquisibili con approccio tradizionale all'istruzione, possono essere comprese: l'alfabetizzazione (testuale, numerica e scientifica), la familiarità (almeno basilari) alle Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (TIC), l'alfabetizzazione finanziaria, la formazione civica.

Particolare importanza assume la familiarità con le TIC che hanno rivoluzionato il modo in cui viviamo, lavoriamo e ci connettiamo con le persone ed il mondo; esse consentono un rapido e globale accesso alle fonti di informazione, la comunicazione in tempo reale e la collaborazione interpersonale su scala globale.

Tra gli esempi più conosciuti di TIC possono essere compresi:

- Dispositivi informatici, tra i quali si possono comprendere computer desktop, laptop, tablet, smartphone utilizzati per la comunicazione e la ricerca/elaborazione dei dati;
- Reti ed infrastrutture di comunicazione, tra le quali si possono citare: Internet, reti locali (LAN), reti wireless (Wi-Fi), reti cellulari, sistemi bluetooth;
- Linguaggi ed applicazioni software che comprendono: Sistemi operativi, software applicativo, applicazioni web e mobili che, nel loro insieme, consentono di creare, gestire, elaborare e condividere dati e informazioni oltre che costituire la struttura di base su cui tutte le apparecchiature hanno la possibilità di funzionare;
- Servizi online che offrono numerose e variegata opportunità ai loro utilizzatori: social media, servizi di comunicazione istantanea, posta elettronica, servizi cloud, e-commerce;
- Tecnologie emergenti come l'IA, l'*Internet of Things* (IoT), la *Virtual Reality* (VR), le Blockchain, le Criptovalute, ecc.

L'approccio proattivo al *problem solving* riguarda una serie di competenze che permettono di integrarsi nel contesto sociale e tra le quali possono essere comprese:

¹⁸ New Vision for Education – Unlocking the Potential of Technology, World Economic Forum, Geneva, 2015

-
- pensiero critico per la risoluzione di problemi: tale caratteristica presuppone un atteggiamento proattivo delle persone ed è necessaria per poter fornire feedback costruttivi nell'interazione con un nuovo problema/ necessità;
 - creatività nell'approcciare un processo elaborativo: tale caratteristica fornisce l'opportunità di costruire e innovare in modo originale adottando scelte autonome;
 - capacità di interagire attivamente con gli interlocutori: ciò permette un elevato livello di scambio informativo per la definizione di soluzioni condivise;
 - interesse nella cooperazione: ciò permette il raggiungimento di elevati livelli di rispetto e tolleranza interpersonale per le attività da svolgere in gruppo.

È interessante notare, tuttavia, che il modello del *World Economic Forum*¹⁹ indica anche un terzo blocco di caratteristiche personali che riguardano la sfera delle qualità caratteriali come parte integrante dell'insieme delle competenze necessarie.

Esse comprendono:

- curiosità: definita come l'incoraggiamento nel porsi domande e formulare ipotesi, la predisposizione all'autonomia nelle scelte, l'acquisizione di conoscenze sufficienti per porre domande e proporre alternative, l'individuazione di contraddizioni;
- iniziativa: si sviluppa a fronte di progetti coinvolgenti e di lungo periodo, per la fiducia nelle proprie possibilità di successo e dalla possibilità di essere autonomi nelle scelte;
- persistenza: capacità di individuare aspetti positivi e di crescita negli insuccessi;
- adattabilità: essere disponibili a modificare il proprio punto di vista in funzione dell'opportunità di individuare soluzioni migliori;
- leadership: capacità di proporre punti di vista e soluzioni accettabili perché convincenti suscitando l'empatia con ciascun singolo componente del gruppo;
- consapevolezza culturale e sociale: elevato rispetto dell'altro, tolleranza verso soggetti e/o posizioni differenti da sé.

Inoltre, A. Gray del *World Economic Forum*²⁰ ha fornito un modello semplificato (vedi Figura 22) di come possono variare nel tempo le dieci principali competenze richieste al personale per lavorare nel settore dell'IA ove con le frecce verdi sono indicate i

¹⁹ New Vision for Education – Unlocking the Potential of Technology, World Economic Forum, Geneva, 2015

²⁰ A. Gray, The 10 skills you need to thrive the Fourth Industrial Revolution, World Economic Forum, Geneva, 2016

miglioramenti nella classifica mentre le frecce rosse indicano i peggioramenti; solo in un caso (la prima qualità in classifica) rimane nella posizione invariata:

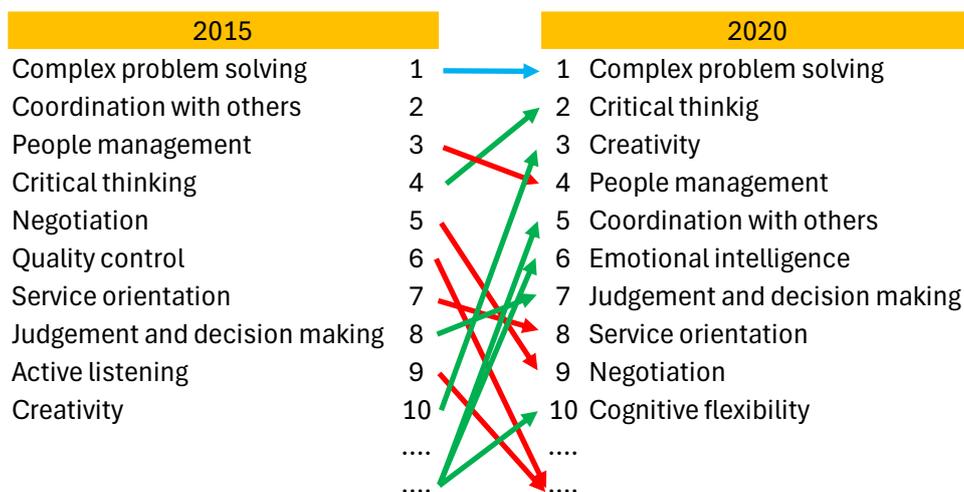


Figura 22: Dieci principali competenze del personale del futuro per lavorare nell'IA, Gray, 2016

Quanto illustrato nella Figura 22 costituisce un esempio interessante di come le competenze personali utili (necessarie) per un determinato settore (in questo caso, l'IA) possano cambiare nel tempo.

Come si può osservare dalla classifica più recente delle competenze richieste al personale che si occupa di IA, oltre alla capacità di risolvere problemi complessi, il pensiero critico e la creatività sono indubbiamente considerati come le caratteristiche più importanti da sviluppare nel futuro con l'educazione.

Se si intende rendere ancora più sintetico e, contemporaneamente, più significativo, un modello teorico che esprime le caratteristiche più importanti che gli addetti all'IA dovranno possedere si può definirlo come il Modello delle 4C: pensiero critico, creatività, comunicazione e collaborazione.

Sulla base di quanto appena espresso, quindi, si deve concludere che le competenze/caratteristiche richieste al personale occupato nel settore dell'IA pone sfide importanti ai sistemi educativi del futuro che dovranno modificare apprezzabilmente gli schemi finora seguiti al fine di fornire agli studenti, innanzitutto, l'opportunità di far proprie le cosiddette *hard skills*, cioè le competenze specifiche che qualificano una determinata professione che, tenuto conto dell'incremento di complessità multidisciplinare dei sistemi e dei processi (di diversa natura) presenti sui posti di lavoro.

Le *hard skills* da acquisire dovranno riguardare diverse professionalità in modo da essere pronti per l'interdisciplinarietà che caratterizzeranno sempre più le professionalità richieste nel futuro.

Allo stesso tempo, però, l'educazione dei futuri cittadini/lavoratori richiede agli studenti attuali di sviluppare competenze sociali al fine di essere preparati a vivere in società che stanno diventando progressivamente organismi sempre più sofisticati a causa della globalizzazione che, a sua volta, trasformerà la società attuale verso un contesto plurilinguistico, pluriculturale e variegato per molti aspetti sociali.

2.5.2 Come sviluppare nuove competenze

Lo studioso A. Gray del *World Economic Forum*²¹ elenca le tecniche e le modalità di insegnamento che possono favorire lo sviluppo delle nuove competenze richieste nel settore dell'IA. Esse comprendono:

- Proporre ed incoraggiare l'apprendimento fondato sul gioco;
- Suddividere i programmi di insegnamento (apprendimento) in parti piccole e coordinate tra loro;
- Favorire la creazione di un ambiente ritenuto “sicuro” per l'apprendimento;
- Promuovere lo sviluppo una mentalità tesa alla crescita ed all'interazione interpersonale;
- Incoraggiare le relazioni di sostegno per i soggetti che lo richiedono;
- Favorire la concentrazione attraverso la concessione del tempo necessario;
- Promuovere e premiare il ragionamento e l'analisi riflessiva;
- Elogiare in maniera appropriata i soggetti meritevoli;
- Guidare il bambino alla scoperta di argomenti nuovi aiutando lo sviluppo della curiosità;
- Incoraggiare i bambini a sviluppare ed utilizzare la loro personalità e i loro punti di forza;
- Proporre obiettivi adeguati;
- Rendere disponibile un'assistenza qualificata e continuativa;
- Indicare obiettivi di apprendimento chiari e tesi a sviluppare competenze ben definite;

²¹ A. Gray, *The 10 skills you need to thrive the Fourth Industrial Revolution*, World Economic Forum, Geneva, 2016

-
- Seguire un approccio pratico nell'insegnamento.

Tutti i precedenti elementi/obiettivi sono già presenti in metodologie didattiche già note nella letteratura specializzata a fronte, tuttavia, di una loro non ancora sufficiente ampia diffusione in vari contesti educativi in tutto il mondo.

Tenendo conto di quanto viene richiesto come competenze per poter lavorare nel settore dell'IA (vedi § 2.5.1) e dei metodi da utilizzare per svilupparle, si possono trarre le seguenti tre conclusioni:

- I sistemi educativi devono essere costantemente pronti al cambiamento per corrispondere alle esigenze di preparazione richieste dalle rapide mutazioni del mercato del lavoro. Essi, quindi, devono essere “flessibili” e “adattabili” anche se, per loro natura, i sistemi educativi sono “lenti” nel recepire i cambiamenti. Nel caso, ad esempio, dell'avvio di un nuovo corso universitario, esso richiede almeno 10 anni durante i quali si deve: individuare i professori, preparare gli argomenti del corso, organizzare logisticamente e temporalmente le attività, svolgere un primo ciclo con il primo gruppo di studenti, valutare i risultati accademici, introdurre modifiche e, infine, avviare le lezioni. Un periodo di 10 anni risulta, attualmente, incompatibile con la velocità di cambiamento del mercato del lavoro poiché le competenze professionali mutano sempre più rapidamente rispetto all'offerta formativa;
- I sistemi educativi adatti all'attuale e futuro mercato del lavoro devono, per ovvie ragioni, trovare un equilibrio tra le *hard skills* e le *soft skills*, in contraddizione alla precedente conclusione, attualmente trasmessa agli studenti durante il processo didattico;
- I sistemi educativi e il mondo del lavoro devono interagire continuamente in modo da creare un “ecosistema coerente” in cui gli studenti siano indotti a sviluppare le competenze richieste dalle future professioni. Lo studio e la possibilità di sperimentare, contemporaneamente, le nuove soluzioni/applicazioni individuate/richieste sul posto di lavoro unite all'opportunità di interagire con le ultime tecnologie in un ambiente reale possono essere la soluzione adatta per colmare il divario tra preparazione scolastica e necessità del mondo del lavoro.

2.5.3 Strategie aziendali per l'acquisizione di personale con competenze nell'IA

Le competenze chiave richieste dal mondo del lavoro nell'era digitale sono quelle necessarie per utilizzare dalle tecnologie esistenti (o che si stanno velocemente sviluppando) e che stanno già influenzando il cambiamento dei modelli di business; tra le tecnologie di maggiore impatto possiamo comprendere: l'IA, l'IoT, la robotica, la stampa 3D, la realtà aumentata e virtuale, i droni e le blockchain.

Attualmente, tuttavia, non tutte le competenze relative alle tecnologie sopra elencate sono sufficientemente diffuse tra gli addetti delle aziende e, per tale motivo, al fine di velocizzare il processo di inserimento dei nuovi lavoratori, è necessario che essi si dotino delle competenze adeguate alle nuove tecnologie al fine di poter interagire con esse²².

La costante necessità di aggiornare le competenze dei lavoratori rende difficile la ricerca di personale qualificato da parte delle aziende. Dati statistici riportano che, circa il 45% delle imprese a livello globale riscontra difficoltà di reclutamento (percentuale più alta degli ultimi 12 anni)²³. Oltre alla necessità di rendere diffuse le nuove capacità digitali, al fine di far evolvere le organizzazioni e gli individui, è necessario che, per ogni livello funzionale delle aziende, si sviluppi un nuovo modo di pensare.

Al fine di poter “governare” il cambiamento è necessario operare secondo le seguenti tre azioni:

- Individuare le competenze professionali chiave richieste dal mercato: La rivoluzione delle competenze professionali riguarda, in particolare, il settore dell'*Information Technology* (IT), dove le migliori opportunità arrivano dalla gestione dei *Big Data*, dalle tecniche di protezione dei dati sensibili, dalla robotica, dall'*Internet of Things* (IoT) e *Model Base Design*. In una società sempre più connessa, infatti, i *Big Data* costituiscono un settore essenziale per comprendere ciò che ci circonda; poiché è necessario analizzare un enorme flusso di informazioni, i *Data Analyst* sono tra le figure più ricercate perché dotati di un mix di competenze multidisciplinari e capacità di analisi. Entro il 2030 l'impatto dell'IA sull'economia mondiale sarà decisivo²⁴;
- Supportare il processo di *learnability* delle persone: La capacità di apprendimento delle persone, attualmente, è un elemento discriminante nella scelta delle

²² S. Scabbio Manpower Group (2018: 25ss.)

²³ Ricerca di Talent Shortage Survey di Manpower Group., 2018

²⁴ Ricerca PWC 2018

professionalità e costituisce un “*must have*” nel contesto delle competenze lavorative richieste. Le aziende privilegiano sempre più la formazione tecnica e professionale: in futuro, inoltre, saranno considerate come più importanti le competenze richieste dal mercato piuttosto che quelle apprese all’università. Per tale motivo il sistema educativo nel suo complesso, per evitare di risultare “fuori mercato”, dovrà adeguarsi a queste nuove esigenze al fine di poter “rispondere” a ciò che il mondo del lavoro richiede. Le competenze dei lavoratori dovranno privilegiare la possibilità di essere impiegati in un contesto socioeconomico sempre più caratterizzato da mutazioni repentine ed imprevedibili. Il conteso industriale mondiale, infatti, essendo caratterizzato da una sempre maggiore velocità nell’innovazione sta crescendo, parallelamente, il ritmo con il quale l’occupazione cresce poiché, in questo contesto, l’uomo è il fattore produttivo determinante²⁵. Sulla base delle indicazioni che stanno emergendo dal mondo del lavoro, tutti i settori legati all’innovazione come, ad esempio, l’*advanced manufacturing*, le tecnologie informatiche, le biotecnologie, la robotica stanno provocando una polarizzazione del mercato del lavoro nel quale persone laureate ed altamente qualificate saranno fortemente attratte proprio in queste sezioni di innovazione e che presentano il maggior dinamismo economico. Al fine di eliminare il pericolo dell’eccessiva polarizzazione con la conseguente concentrazione di personale altamente qualificato solo in alcuni settori di punta, è indispensabile favorire lo sviluppo della *learnability* a tutti i livelli e reparti dell’azienda. Durante il *World Economic Forum (WEF)* del 2018 a Davos, infatti, si tentò di individuare le possibili contromisure per rispondere alle sfide poste dallo sviluppo tecnologico sempre più frenetico. Gli esperti convenuti hanno concordato sul diritto universale dell’uomo di poter apprendere di poter ricevere il medesimo livello di insegnamento costituito da corsi di formazione finalizzati allo sviluppo di abilità tecnologiche (programmazione o analisi dei dati) ed alle competenze complementari a quelle possedute da macchine e robot (creatività, emozioni, capacità di affrontare il fallimento, interazioni)²⁶. L’apprendimento, quindi, deve essere considerato non solo come funzionale al mercato del lavoro o alla crescita economica, ma esso stesso deve essere considerato come parte integrante dello sviluppo umano. Poiché attualmente le

²⁵ La nuova geografia del lavoro., MORETTI., 2017

²⁶ The world is changing. Here’s how companies must adapt., J. KAESER., 2018

macchine e gli algoritmi stanno “imparando” e, quindi, devono essere considerati come “studenti”, gli esseri umani devono comprendere come sia essenziale imparare di più e meglio. Ecco spiegato il motivo perché la *learnability* sta diventando una delle competenze chiave per essere competitivi sul mercato del lavoro. Sempre nel *WEF* a Davos nel 2018 la *Manpower Group* evidenziò, dimostrandolo, come la *Human Strength* è rappresentata dal set di *soft skills* tradizionali tra le quali furono indicate: la comunicazione tra individui, la collaborazione tra di essi e la creatività singola e di gruppo; tali *soft skills*, non ancora in possesso di sostituti dell’uomo, sono in grado di aumentare l’efficacia della tecnologia, riducendo così il rischio che l’uomo possa essere sostituito dai robot²⁷. In un prossimo futuro le aziende dovranno essere in grado di catalogare e amplificare le competenze dei propri dipendenti, favorendo il processo del loro apprendimento che dovrà essere continuo; in tal modo esse potranno disporre di personale più “performante” ed in linea con le necessità di mercato, anche per lungo periodo;

- Incoraggiare e preparare i leader nell’era digitale: Parallelamente all’evoluzione delle caratteristiche e della preparazione dei lavoratori da impiegare nel nuovo mondo digitale, è necessario preparare rapidamente una nuova tipologia di leader, che sia in grado di osare promuovendo nuove iniziative aziendali, di guidare le aziende per seguire/precedere i cambiamenti del mercato essendo, contemporaneamente, pronti a subire dei fallimenti. A tale scopo è indubbiamente essenziale la possibilità di attrarre i talenti migliori²⁸. Proprio per questo motivo assume particolare rilevanza, in particolare per i leader delle *Human Resources*, comprendere i comportamenti e le motivazioni manifestate dai candidati in modo da poter ottimizzare le strategie di reclutamento riuscendo a creare, contemporaneamente, legami più solidi e duraturi con la propria azienda. A questo scopo, quindi, le aziende dovranno migliorare i loro sistemi di acquisizione di nuovo personale, che tengano in considerazione la crescente disponibilità di strumenti tecnologici utilizzati dalle nuove generazioni per la ricerca di un’occupazione da parte delle nuove generazioni e, quindi, sarà utile la creazione di pagine social media con contenuti interattivi ed utilizzabili su più piattaforme.

²⁷ ManpowerGroup, *Human Strengths in the Skill Revolution* Vedi anche *Skills Revolution 2.0.*, J. PRISING., 2018

²⁸ Ivi., pp. 29

2.6 Dalle considerazioni dell'impatto dell'IA nel lavoro alle sue implicazioni sociali ed economiche

Come si è illustrato nel presente capitolo, dopo una prima trattazione (vedi § 2.1) dello sviluppo tecnologico che ha condotto dall'automazione semplice dei processi aziendali (RPA) a quella intelligente (IPA) passando da una serie di step tra i quali si possono menzionare (vedi Figura 16):

- Automazione dei processi robotici;
- Automazione cognitiva;
- Assistenti digitali;
- Agenti autonomi, caratterizzati da tre livelli di intelligenza (vedi Figura 17):
 - *Intelligenza Artificiale Ristretta (ANI)*;
 - *Intelligenza Artificiale Generale (AGI)*;
 - *Super Intelligenza Artificiale (ASI)*

si è passati alla trattazione dei possibili vantaggi conseguibili dalle aziende che comportano anche delle sfide da vincere (vedi § 2.2) per giungere ad un futuro migliore. È stato affrontato, quindi, il problema dell'insorgenza di possibili errori da evitare (vedi § 2.3) in relazione ad errori connessi:

- all'approccio e la strategia nell'uso dell'IA;
- all'implementazione dell'automazione;
- alle valutazioni finali.

La descrizione della *Robotic Process Automation* avanzata e l'individuazione delle aziende che possono trarne i maggiori vantaggi è trattata nel § 2.4) non dimenticando di individuare (vedi § 2.5) le competenze richieste al personale da impiegare nell'uso dell'IA e le strategie per lo sviluppo di nuove competenze nel personale o la sua acquisizione dall'esterno.

Nel successivo CAPITOLO III si analizzeranno le implicazioni sociali ed economiche dell'IA nel mondo del lavoro attraverso:

- alcune riflessioni preliminari sul suo impatto sulle diverse qualificazioni professionali;
- l'analisi dell'esposizione e la complementarietà del lavoro umano rispetto all'IA;
- la valutazione della relazione tra IA e produttività;

-
- alcune valutazioni sulla preparazione (normativa, economica e sociale) dei Paesi all'uso dell'IA.

3 CAPITOLO III: Implicazioni sociali ed economiche conseguenti all'introduzione dell'IA nel mondo del lavoro

3.1 Riflessioni preliminari sull'impatto dell'IA sulle diverse qualificazioni professionali e Paesi

L'avvento e la diffusione dell'IA si basano sulla promessa (densa di aspettative) di migliorare la produttività degli utilizzatori anche se, in effetti, il suo reale impatto economico-sociale è incerto poiché varia in funzione dei ruoli lavorativi, dei settori in cui opera, del contesto normativo vigente (e di altre variabili che, nel prosieguo, saranno individuate) correndo il rischio di amplificare le disparità²⁹.

L'IA, insieme all'aumento della produttività, comporterà profonde modifiche dei rapporti tra lavoro e capitale con conseguenti importanti effetti in molti posti di lavoro, professionalità e settori lavorativi.

L'IA, proprio a causa delle molteplici possibili applicazioni nei più disparati ambiti, comporterà implicazioni non facilmente prevedibili per le economie e le società³⁰ (*Ilzetzki e Jain, 2023*).

Proprio per l'eventuale insorgenza di pericolosi effetti sull'economia e sugli equilibri sociali si deve riflettere sull'accettabilità sociale dell'IA che può essere diversa in funzione dei ruoli dei lavoratori.

In effetti, alcune professioni potrebbero interagire proficuamente con gli strumenti basati sull'IA, mentre altre potrebbero opporre resistenze sulla base di convinzioni culturali, etiche o caratteristiche operative: ciò induce incertezza nei mercati del lavoro.

L'utilizzazione dell'IA potrà generare effetti contrastanti poiché in alcuni settori (legati al controllo umano dell'IA) potrebbe moltiplicare la produttività dei lavoratori e la domanda di lavoro mentre, in altri, potrebbe comportare importanti riduzioni o spostamenti di lavoratori ad altre mansioni.

L'aumento della produttività, se considerata al livello dell'intera società, potrebbe tuttavia indurre un aumento della domanda complessiva, con conseguente potenziale moltiplicazione delle opportunità di lavoro, con un effetto a catena con la nascita di nuovi

²⁹ <https://www.sipotra.it/wp-content/uploads/2024/01/Gen-AI-Artificial-Intelligence-and-the-Future-of-Work.pdf>

³⁰ Ilzetzki, E., and S. Jain. 2023. The Impact of Artificial Intelligence on Growth and Employment. VoxEU.org, June 20

settori e/o figure di lavoratori, con la contemporanea possibile scomparsa di altri, con conseguente riallocazione intersettoriale dei lavoratori.

Oltre ai possibili effetti occupazionali direttamente emergenti, un altro ambito in cui gli effetti dell'IA si potranno sviluppare è costituito dai redditi da capitale in quanto, se è vero che l'IA favorisce l'efficienza e l'innovazione, i soggetti proprietari di tecnologie di IA o che hanno partecipazioni azionarie in tali settori possono prevedere un aumento dei loro redditi da capitale, suscitando la potenziale nascita di disuguaglianze in termini di ricchezza personale.

Un altro effetto diretto che l'uso dell'IA potrebbe produrre è costituito dal fatto che l'uso dei suoi algoritmi avanzati potrà sostituire addetti nei ruoli ad alta qualificazione che, proprio a questi livelli, formulano giudizi sfumati, producono soluzioni altamente creative ai problemi complessi e che, in precedenza, erano ritenuti immuni dalle innovazioni tecnologiche³¹.

La professione di interprete simultaneo (tradizionalmente riservata a figure ad altissima specializzazione) potrebbe ora essere migliorata o, addirittura, sostituita da algoritmi avanzati basati sull'IA.

Gli esempi appena esposti dimostrano che l'opinione finora diffusa che i progressi tecnologici minacciano quasi esclusivamente i lavori a bassa qualificazione potrebbe rivelarsi errata ed evidenza come la trasformazione del mercato del lavoro potrà essere più ampia e profonda rispetto a quanto verificatosi a seguito delle precedenti rivoluzioni tecnologiche.

Un altro aspetto su cui soffermarsi è costituito dalla probabilità che l'impatto dell'IA possa manifestarsi in modo significativamente diverso tra Paesi a differente livello di sviluppo o che si basano su differenti organizzazioni economiche.

Le economie avanzate, nelle quali sono presenti industrie "mature" con una componente rilevante di servizi, si contraddistinguono per una più elevata concentrazione di posti di lavoro in settori ad alta specializzazione caratterizzati da compiti cognitivi complessi.

Queste economie, quindi, risentiranno maggiormente degli effetti dell'introduzione dell'IA ma, proprio per questo, potranno trarne vantaggio in misura più elevata.

³¹ Un caso che si è verificato in passato è costituito dalla scomparsa dei contabili che, prima dell'avvento della calcolatrice, era considerato un lavoro di media-alta qualificazione per la presenza di una rilevante quota di popolazione analfabeta (Wootton e Kemmerer 2007).

Paesi che potrebbero, almeno solo inizialmente, subire in misura minore gli effetti della diffusione dell'IA, sono quelli basati sul lavoro manuale e sulle industrie tradizionali e, quindi, tipicamente quelli compresi nei mercati emergenti e nelle economie in via di sviluppo.

Queste economie, quindi, potrebbero subire importanti ritardi nell'acquisire i guadagni di produttività guidati dall'IA per effetto della loro mancanza di infrastrutture e di forza lavoro qualificata.

Questa situazione, perciò, potrebbe condurre ad amplificare le disparità economiche esistenti tra le economie avanzate, che già hanno avviato lo sfruttamento dell'IA, rispetto ai Paesi emergenti ed in via di sviluppo che devono avviare la formazione delle maestranze all'uso dell'IA per consentire la sua integrazione nei loro modelli di crescita. Al fine di fornire elementi informativi riguardanti il potenziale impatto dell'IA sul futuro del lavoro e sulle politiche che i Paesi dovrebbero conseguentemente attuare, nei paragrafi successivi si proverà a rispondere alle seguenti sei domande.

- (1) Quali Paesi sono più esposti agli effetti conseguenti alla diffusione dell'IA? Quali, tra di essi, potrebbero trarne i maggiori benefici?
- (2) In che modo l'IA influenzerà il mondo del lavoro e delle professioni all'interno dei Paesi in cui essa si diffonderà? Quali tipologie di lavoratori potranno trarre vantaggio e quali rischieranno di subire maggiori effetti negativi?
- (3) In passato quale è stata la frequenza con la quale i lavoratori hanno subito una modifica della loro attività e che ora dovranno interagire con l'IA? Cosa ne consegue in riferimento all'adattabilità del lavoro?
- (4) In che modo l'IA potrebbe contribuire a ridurre le disuguaglianze di reddito tra i lavoratori?
- (5) Qual è il potenziale impatto sulla crescita e sulla produttività?
- (6) Quali Paesi sembrano meglio preparati per la transizione all'IA? In che modo le politiche possono massimizzare i guadagni e mitigare le probabili sfide legate all'IA?

3.2 Esposizione e complementarità del lavoro umano rispetto all'AI

3.2.1 *Quadro concettuale*

L'obiettivo di valutare le conseguenze dello sviluppo dell'IA sull'occupazione è un compito complesso per effetto della sua rapida e continua evoluzione, dell'incertezza (nei tempi e nell'entità) della sua integrazione nei processi produttivi e del cambiamento delle percezioni sociali rispetto ad essa.

Particolare attenzione deve essere posta alla mutevole accettabilità sociale dell'IA al procedere del tempo che potrebbe determinare il suo livello di integrazione nei processi di produzione.

E' necessario, quindi, definire meglio il quadro concettuale comunemente utilizzato per misurare meglio l'esposizione del lavoro umano e la complementarità con l'IA.

Al fine di analizzare l'effetto dell'introduzione dell'IA sui posti di lavoro, è normale considerare le singole mansioni come un insieme di compiti e definire quali di essi possono essere sostituiti o integrati³².

Altri studiosi³³ definiscono l'"esposizione" all'IA come il livello di sovrapposizione tra le applicazioni dell'IA e le capacità richieste all'uomo occupato in ciascuna mansione.

Altri autori affinano questa definizione integrandola con l'indice di Pizzinelli³⁴sulla potenziale complementarità dell'IA considerando le informazioni sul contesto sociale, etico e fisico delle occupazioni, insieme ai livelli di competenza richiesti.

L'indice misura il probabile livello di protezione di un'occupazione rispetto all'introduzione dell'IA e, se abbinato al grado di esposizione all'IA, può fornire un'indicazione della complementarità con essa.

Ad esempio, per effetto dei progressi nell'analisi testuale, i giudici sono altamente esposti alla diffusione nell'uso dell'IA, ma sono anche abbastanza sicuri di non essere sottoposti a modifiche di funzione e/o di sede perché è improbabile che i cittadini deleghino la formulazione delle decisioni giudiziarie all'IA senza controlli.

Di conseguenza, l'IA probabilmente potrà fornire un ausilio ai giudici, aumentandone la produttività invece di sostituirli³⁵.

³² Vedi ad esempio Acemoglu e Restrepo 2022; e Moll, Rachel e Restrepo 2022 per le domande recenti

³³ Vedi Felten, Raj e Seamans (2021, 2023)

³⁴ Vedi Pizzinelli e altri (2023)

³⁵ È tuttavia possibile che l'aumento della produttività di alcuni lavori ad alta esposizione e ad alta complementarità possa portare ad una loro diminuzione.

Nel caso, invece, di impiegati in altre funzioni meno “strategiche”, se esposti all’interazione con l’IA, sono maggiormente a rischio di essere sostituiti.

Il livello di protezione e complementarità rispetto all’evolversi dell’IA verso risultati più attendibili, probabilmente, si modificherà nel tempo e a un ritmo diverso tra i vari Paesi, anche in funzione delle preferenze sociali e delle alternative disponibili³⁶.

Ad esempio, nei Paesi a basso reddito, dove non sono disponibili a sufficienza i medici qualificati, le consultazioni mediche supportate dall’IA possono costituire un’opzione di immediata ed utile applicazione.

La considerazione contemporanea dell’esposizione e della complementarità permette di definire i possibili sviluppi del mercato del lavoro di ciascuna professione in relazione all’adozione dell’IA.

Le occupazioni ad alta esposizione, per le quali l’IA può costituire un valido completamento autonomo delle loro attività, potrebbero subire una riduzione dell’occupazione con contemporanea riduzione dei salari.

Al contrario, i lavori che necessitano della supervisione umana sull’IA potrebbero registrare un aumento della produttività con conseguente incremento di domanda di manodopera e dei salari.

Tuttavia, anche nelle occupazioni in cui l’IA potrebbe integrare il lavoro umano, i lavoratori senza competenze nel settore dell’IA sono a rischio rispetto alla possibile perdita del posto.

Sulla base dei criteri suindicati, le occupazioni possono essere classificate (vedi Figura 23)³⁷, in modo relativo³⁸, in tre gruppi: “alta esposizione, alta complementarità”; “alta esposizione, bassa complementarità”; e “bassa esposizione”.

³⁶ vedi Pizzinelli e altri 2023 per esempi quantitativi di questo fenomeno.

³⁷ La complementarità ha una rilevanza limitata quando l’esposizione all’IA è limitata. Pertanto, per ragioni di semplicità, la presente nota raggruppa insieme le occupazioni con bassa esposizione indipendentemente dalla loro potenziale complementarità.

³⁸ Il grafico indica se una determinata occupazione è più o meno esposta, o complementare, rispetto ad altre non dando un giudizio assoluto.

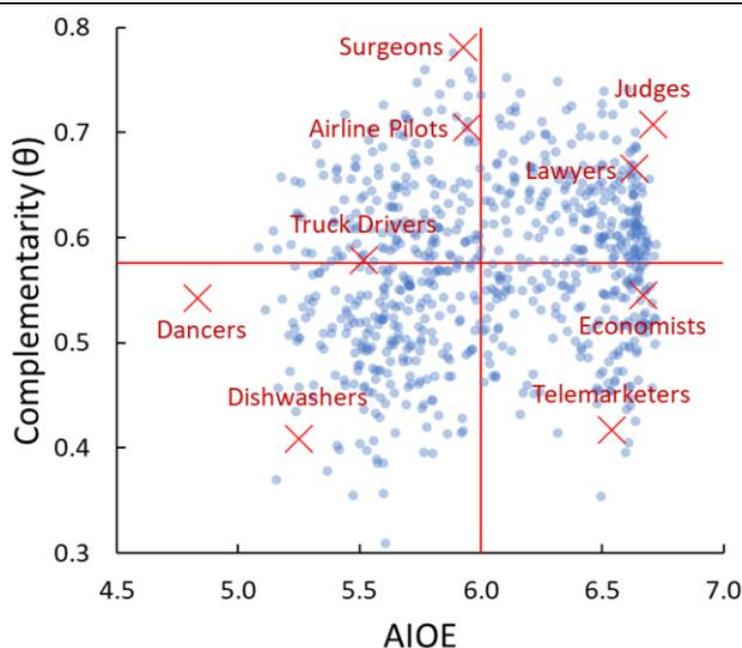


Figura 23: Diagramma concettuale dell'esposizione professionale all'IA (AIOE) e della complementarità (θ), Felten, Raj, and Seamans (2021) - Pizzinelli and others (2023)

Le occupazioni ad alta esposizione e ad alta complementarità possono conseguire elevati benefici potenziali dall'IA, poiché essa può integrare i lavoratori nei loro compiti e nel processo decisionale anche se l'uso non supervisionato dell'IA in questi ruoli è limitata: si tratta, in questo caso, soprattutto di lavori cognitivi con un alto grado di responsabilità e interazioni interpersonali, come quelli svolti da chirurghi, avvocati e giudici (che devono, comunque, possedere specifiche competenze nel settore dell'IA).

Le occupazioni ad alta esposizione e a bassa complementarità possiedono caratteristiche abbastanza adatte per il proficuo uso dell'IA, ma esiste una maggiore probabilità che essa sostituisca le attività umane con conseguente diminuzione dei posti di lavoro e rallentamento della crescita salariale: gli operatori di telemarketing sono un ottimo esempio.

Le occupazioni a bassa esposizione, invece, risentono poco o nulla della diffusione dell'IA: questo gruppo comprende una vasta gamma di professioni come, ad es., dagli addetti alla ristorazione, agli artisti, ecc.

Rispetto al grafico di Figura 23 è necessario precisare che:

- La distribuzione dei punti offre solo un'interpretazione relativa del posizionamento delle professioni;

-
- un'elevata complementarità può comunque comportare l'abbandono delle occupazioni da parte di lavoratori che non possiedono le competenze richieste o i cui datori di lavoro non investono nella tecnologia;
 - la distribuzione delle professioni costituisce una visione statica rispetto al possibile evolversi dell'esposizione e della complementarità perché non considera la disponibilità esistente o futura delle infrastrutture IT necessarie o della capacità dei lavoratori di acquisire le competenze necessarie o di ricollocarsi tra diverse occupazioni né tiene conto degli effetti della continua integrazione di IA e robotica;
 - non tiene conto dei potenziali cambiamenti delle normative e potrebbero rendere l'IA non sottoposta a controllo umano accettabile in un numero crescente di contesti o vietarne l'uso in altri;
 - dal punto di vista macroeconomico, non tiene conto della velocità di adozione dell'IA che dipende anche dai costi sostenuti dalle imprese rispetto ai benefici in termini di produttività;
 - non tiene conto degli effetti di feedback dovuti alla maggiore produttività complessiva connessa all'adozione dell'IA e che potrebbero far aumentare la domanda di manodopera compensando parzialmente i suoi potenziali impatti negativi.

3.2.2 *Differenze tra Paesi*

Come si può osservare nel riquadro 1 della seguente Figura 24, circa il 40% dei lavoratori in tutto il mondo svolge lavori ad alta esposizione; la percentuale è del 60% nelle economie avanzate, il che indica implicazioni macroeconomiche potenzialmente ampie. Le economie avanzate hanno una quota maggiore di occupazioni ad alta esposizione, con bassa o alta complementarità, rispetto alle economie di mercato emergenti e ai Paesi a basso reddito.

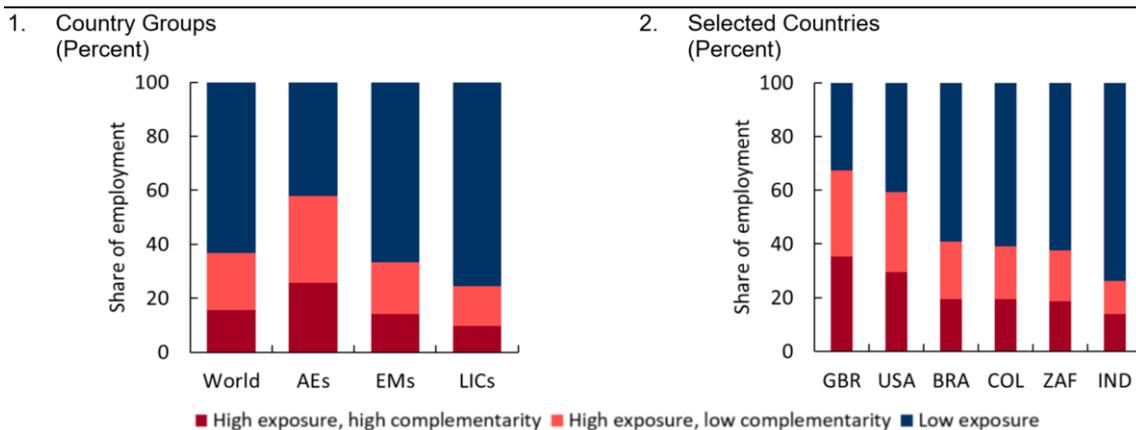


Figura 24: Quote di occupazione per esposizione all'IA e complementarità: gruppi di Paesi e singoli Paesi selezionati, Cazzaniga e al., 2024³⁹

Nelle economie mediamente avanzate, il 27% dell'occupazione è in occupazioni ad alta esposizione e ad alta complementarità, il 33% in lavori ad alta esposizione e a bassa complementarità.

In confronto, le economie di mercato emergenti hanno quote corrispondenti di 16% e 24%, rispettivamente, e i Paesi a basso reddito hanno quote rispettivamente dell'8% e del 18%⁴⁰.

Un risultato simile emerge quando si esaminano i singoli Paesi selezionati utilizzando classificazioni più dettagliate riportate nel riquadro 2 della Figura 24.

Quasi il 70% e il 60% dell'occupazione nel Regno Unito e negli Stati Uniti, rispettivamente, riguarda mansioni ad alta esposizione, approssimativamente equamente distribuite tra quelle che sono posizioni ad alta e bassa complementarità.

L'occupazione ad alta esposizione nelle economie di mercato emergenti varia dal 41% in Brasile al 26% in India.

La composizione della forza lavoro in termini di ampi gruppi professionali che riflettono la struttura economica dei Paesi spiega la maggior parte delle differenze di esposizione e complementarità tra di essi.

³⁹ Nota: le etichette dei paesi utilizzano i codici paese dell'Organizzazione internazionale per la standardizzazione (ISO). EA = economie avanzate; ME = economie di mercato emergenti; LIC = paesi a basso reddito; Mondo = tutti i paesi del campione. La quota di occupazione all'interno di ciascun gruppo di paesi è calcolata come media ponderata per la popolazione in età lavorativa.

⁴⁰ Dietro i dati medi si riscontra eterogeneità. Nelle economie avanzate la quota di occupazione nelle occupazioni ad alta esposizione e alta complementarità (HEHC) varia tra il 20,2 e il 37,3%; la percentuale di occupazioni ad alta esposizione e bassa complementarità (HELCL) varia tra il 25,9 e il 46,1%; e la percentuale di occupazioni a bassa esposizione (LE) varia tra 22,5 e 53,6%. Nelle economie di mercato emergenti, gli intervalli vanno dal 5,7 al 28,2% per gli HEHC, dal 10,4 al 34,7% per gli HELCL e dal 46,1 al 75,9% per i LE. Nei paesi a basso reddito, gli intervalli vanno dal 2 al 35,3% per gli HEHC, dall'1,4 al 33% per gli HELCL e dal 54 al 96,1% per i LE.

La Figura 25 riporta le quote di occupazione per gruppi professionali per tre Paesi con quote di occupazione marcatamente diverse nelle occupazioni esposte.

Il Regno Unito ha una quota significativa di occupazione nelle mansioni professionali e manageriali, che presentano un'elevata esposizione e un'elevata complementarità, e negli impiegati di supporto e nelle occupazioni tecniche, generalmente con un'elevata esposizione e una bassa complementarità.

In India la maggior parte dei lavoratori sono artigiani, lavoratori agricoli qualificati e lavoratori poco qualificati o "elementari"; la maggior parte di questi rientra nella categoria a bassa esposizione.

Il Brasile rappresenta un caso sostanzialmente intermedio:

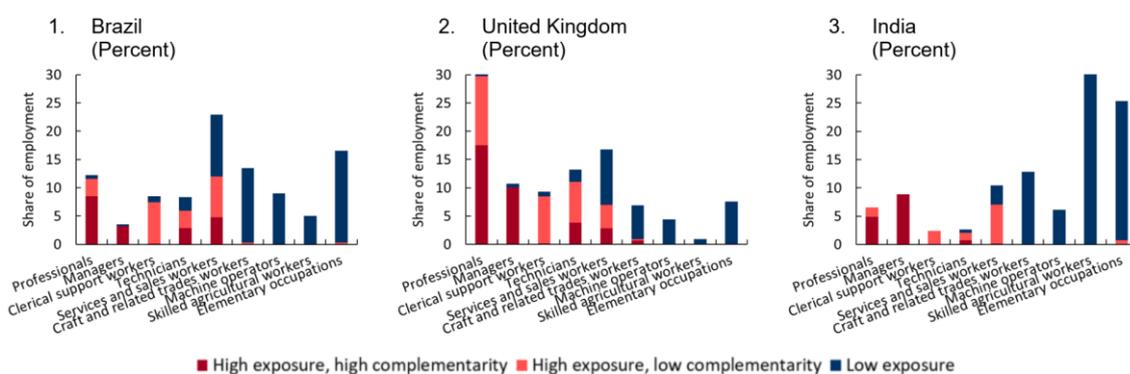


Figura 25: Quota di occupazione per esposizione e complementarità (paesi selezionati), Cazzaniga e al., 2024⁴¹

Questi risultati suggeriscono che le economie avanzate potrebbero essere più suscettibili ai cambiamenti nel mercato del lavoro derivanti dall'adozione dell'IA, che si materializzerebbero in un orizzonte temporale più breve rispetto alle economie di mercato emergenti e ai Paesi a basso reddito.

Date le loro elevate quote di occupazione in mansioni sia a bassa che ad alta complementarità, le economie avanzate potrebbero sperimentare un effetto più polarizzato dalla trasformazione strutturale portata dall'IA.

Da un lato, si trovano ad affrontare un rischio maggiore di spostamento della manodopera e di sviluppi dannosi del reddito per i lavoratori nelle occupazioni ad alta esposizione e a bassa complementarità.

⁴¹ Nota: i grafici tracciano la quota totale di occupazione per ciascuno dei nove codici di occupazione International Standard Classification of Occupations (ISCO)-08 a 1 cifra

D'altro canto, sono meglio posizionati per sfruttare tempestivamente le opportunità di crescita emergenti dell'IA grazie alla loro maggiore occupazione in lavori ad alta esposizione e ad alta complementarità.

L'impatto netto sull'occupazione dipenderà dalla capacità dei Paesi di innovare, adottare e adattarsi all'IA. Sia i mercati avanzati che quelli emergenti e le economie in via di sviluppo sono soggetti ad una notevole incertezza riguardo a queste previsioni.

Ad esempio, nei Paesi a basso reddito l'adozione dell'IA potrebbe rispecchiare la rapida adozione della tecnologia mobile e portare a grandi benefici marginali dall'IA.

Inoltre, con l'adeguata infrastruttura digitale in atto, l'IA può anche rappresentare un'opportunità per i mercati emergenti e le economie in via di sviluppo di affrontare le carenze di competenze, soprattutto nei settori della sanità e dell'istruzione, aumentando potenzialmente l'inclusione e la produttività.

3.2.3 Differenze all'interno del Paese

Al di là dell'esposizione complessiva di ciascun paese all'IA, è probabile che i diversi gruppi all'interno dei Paesi siano colpiti in modo differente.

L'avvento dell'IA potrebbe esacerbare la disuguaglianza all'interno dei Paesi su vari aspetti, come il livello di reddito degli individui, il loro livello di istruzione o il loro genere.

Comprendere quali gruppi sono più vulnerabili è essenziale per progettare politiche in grado di mitigare tali effetti.

È interessante notare che, mentre l'esposizione complessiva dei Paesi all'IA differisce significativamente tra i mercati avanzati ed emergenti e le economie in via di sviluppo, i modelli di esposizione tra gli individui all'interno dei Paesi sono molto simili per le due economie avanzate e le quattro economie di mercato emergenti incluse nell'analisi granulare dei microdati anche se, in effetti, i risultati ottenuti potrebbero essere diversi se si considerano altri Paesi.

L'esposizione è maggiore per le donne e per i lavoratori più istruiti, ma è mitigata da un maggiore potenziale di complementarità con l'IA (vedi Figura 26).

Nella maggior parte dei Paesi, le donne tendono ad essere impiegate in occupazioni ad alta esposizione più degli uomini (Figura 26, riquadro 1).

Poiché questa quota è distribuita approssimativamente equamente tra lavori a bassa e alta complementarità, il risultato può essere interpretato nel senso che le donne affrontano sia maggiori rischi che maggiori opportunità.

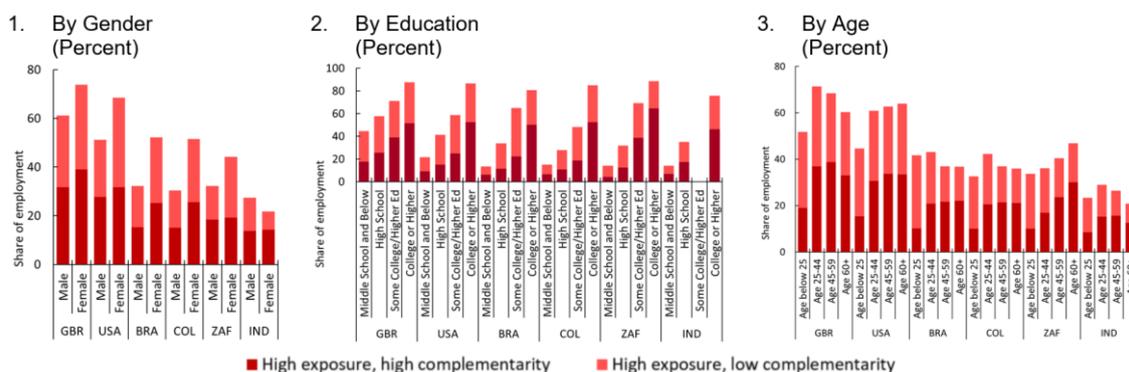


Figura 26: Quota di occupazione nelle occupazioni ad alta esposizione per gruppi demografici, Cazzaniga et al., 2024⁴²

Eccezioni a questo modello possono essere attribuite all'elevata percentuale di donne nei lavori agricoli, soprattutto nei Paesi in cui questo settore è ampio (ad esempio, l'India).

Per quanto riguarda l'istruzione, in tutti i Paesi esaminati, i livelli più elevati sono associati a una quota maggiore di occupazione nelle mansioni ad alta esposizione, ma ciò è particolarmente pronunciato nelle occupazioni con elevata complementarità (Figura 26, riquadro 2).

Il livello più elevato di esposizione supporta l'opinione popolare secondo cui, a differenza dell'automazione, l'IA potrebbe influenzare più fortemente i lavoratori altamente qualificati.

Tuttavia, un'esposizione più elevata è alleviata da un maggiore potenziale di complementarità.

Infine, le differenze di età non mostrano un modello comune nei diversi casi esaminati (Figura 26, riquadro 3) perché la composizione dei diversi intervalli di età, in termini di genere e istruzione, è molto differenti tra i Paesi, mettendo così in ombra le distinzioni basate sull'età.

⁴² Le barre rappresentano le quote di occupazione nelle occupazioni ad alta esposizione. Nel riquadro 1, le quote di occupazione dipendono da ciascuna categoria di genere. Nel riquadro 2, le quote di occupazione dipendono da ciascuna delle quattro categorie di istruzione (scuola media e inferiore, scuola superiore, alcune università, università o superiore). Nel riquadro 3, le quote di occupazione dipendono da ciascuno dei quattro intervalli di età. Le etichette dei paesi utilizzano i codici paese dell'Organizzazione internazionale per la standardizzazione (ISO).

Nel Regno Unito e negli Stati Uniti, i gruppi più giovani comprendono più individui con istruzione universitaria per effetto dell'aumento della frequenza universitaria negli ultimi 30 anni; la composizione per genere dei gruppi di età è simile.

Nelle economie di mercato emergenti e nei Paesi a basso reddito sono presenti meno persone con un'istruzione superiore, ma i gruppi più giovani hanno più donne grazie ai recenti aumenti della partecipazione femminile al lavoro.

L'esposizione è distribuita in funzione del reddito da lavoro, ma i potenziali guadagni derivanti dall'IA sono positivamente correlati al reddito.

La quota di occupazione in mansioni a rischio di spostamento (lavori ad alta esposizione e a bassa complementarità di Figura 27, riquadro 1) è sostanzialmente simile tra i quantili di reddito (con una pendenza leggermente positiva nelle economie di mercato emergenti).

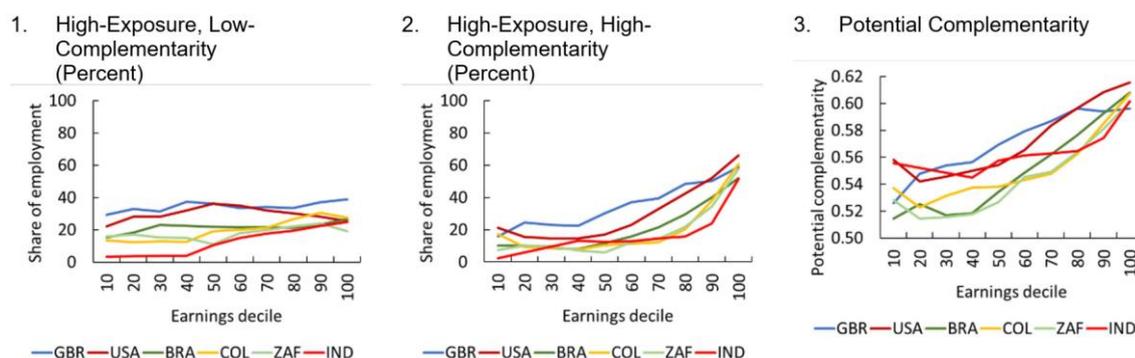


Figura 27: Quota di occupazione nelle occupazioni ad alta esposizione e potenziale complementarità di Decili di reddito, Cazzaniga e al., 2024⁴³

Ciò differisce dalle precedenti ondate di automazione e tecnologia dell'informazione durante le quali i rischi di spostamento erano più elevati per i redditi medi.

Coerentemente con il discorso popolare, l'IA differisce dall'automazione tradizionale poiché influisce potenzialmente sull'occupazione dei lavoratori lungo tutta la distribuzione del reddito.

Tuttavia, l'occupazione in lavori che hanno un alto potenziale di complementarità con l'IA (lavori ad alta esposizione e alta complementarità; Figura 27, riquadro 2) è più concentrata nei quantili di reddito superiore.

⁴³ Il riquadro 1 mostra la quota di occupazione in lavori con alta esposizione ma bassa complementarità, mentre il riquadro 2 presenta la quota di occupazione in posti di lavoro con alta esposizione e alta complementarità, ciascuno classificato in decili di reddito. Il riquadro 3 mostra la potenziale complementarità occupazionale dell'IA di Pizzinelli e altri (2023), mediata e raggruppata per decili di reddito. Le etichette dei paesi utilizzano i codici paese dell'Organizzazione internazionale per la standardizzazione (ISO)

La correlazione tra guadagni e potenziale complementarità è coerente con i risultati relativi al livello di istruzione ed è ancora più pronunciata per le economie di mercato emergenti (Figura 27, riquadro 3).

Ciò suggerisce che i vantaggi dell'IA andranno, probabilmente in modo sproporzionato, ai percettori di reddito più elevati, soprattutto in Paesi come l'India e, in misura minore, gli Stati Uniti, dove la complementarità aumenta costantemente nella parte superiore della distribuzione.

Il fenomeno sarà probabilmente più attenuato in Paesi come il Regno Unito, dove l'aumento della complementarità si stabilizza ai massimi livelli.

3.3 Ricollocamento dei lavoratori nella trasformazione indotta dall'IA

Nel precedente § 3.2 è stato delineato un quadro statico dell'esposizione all'IA basato sull'attuale composizione occupazionale dei Paesi ma, nel lungo termine, i lavoratori saranno obbligati ad adattare le proprie capacità alle mutevoli richieste di competenze ed ai cambiamenti settoriali, con alcuni che potrebbero passare a ruoli ad alta complementarità dell'IA ed altri che avranno difficoltà ad adattarsi.

Sebbene l'analisi sull'esposizione e sulla complementarità dell'IA sia condotta a livello occupazionale, è importante fare una distinzione tra posti di lavoro e lavoratori.

L'adozione dell'IA potrebbe far scomparire alcuni posti di lavoro e crearne/migliorarne altri, anche se non è chiaro se siano i soggetti precedentemente occupati a poterne trarre i benefici associati poiché ciò dipende, probabilmente, dalle caratteristiche personali dei lavoratori, che a loro volta influenzeranno la loro adattabilità.

I dati storici suggeriscono che alcuni lavoratori potrebbero avere difficoltà rispetto ai cambiamenti indotti dalla tecnologia nel mercato del lavoro⁴⁴ anche se, mediamente, i lavoratori potrebbero adattarsi.

⁴⁴ Negli Stati Uniti, Cortes, Jaimovich e Siu (2017) hanno scoperto che i giovani uomini meno istruiti hanno contribuito al declino dei lavori manuali di routine a partire dagli anni '80, mentre le donne con un'istruzione intermedia hanno causato il calo dei lavori cognitivi di routine. Questi lavoratori spesso si spostavano verso occupazioni a basso salario o verso la disoccupazione. La maggior parte della riallocazione è avvenuta attraverso minori spostamenti verso queste occupazioni dalla disoccupazione e dall'inattività (Cortes e altri 2020), suggerendo che l'automazione ha influenzato maggiormente le persone in cerca di lavoro rispetto ai lavoratori attuali. Nel Regno Unito, Dabla-Norris, Pizzinelli e Rappaport (2023) hanno scoperto che il declino del lavoro di routine ha colpito le donne senza titolo di studio universitario in modo diverso a seconda delle età: le donne più anziane sono passate a lavori più retribuiti, mentre le più giovani sono andate a lavori manuali meno retribuiti.

I risultati di seguito presentati, e relativi alle analisi condotte per esaminare la transizione dei lavoratori tra professioni con diversa esposizione e complementarità all'IA⁴⁵, si basano su microdati provenienti dal Brasile e dal Regno Unito.

È stato analizzato, in particolare, se l'età e l'istruzione influenzano le transizioni⁴⁶ e come queste caratteristiche influenzano i redditi.

In generale, i lavoratori che cambiano tipo di mansione mostrano una flessibilità potenzialmente limitata nell'adattarsi all'evoluzione dei mercati del lavoro esistendo, comunque, una percentuale significativa di cambiamenti tra professioni con diversi livelli di esposizione all'IA.

L'analisi di queste dinamiche può fornire informazioni interessanti sui possibili movimenti dei lavoratori a seguito dell'adozione dell'IA aiutando ad identificare i gruppi potenzialmente vulnerabili.

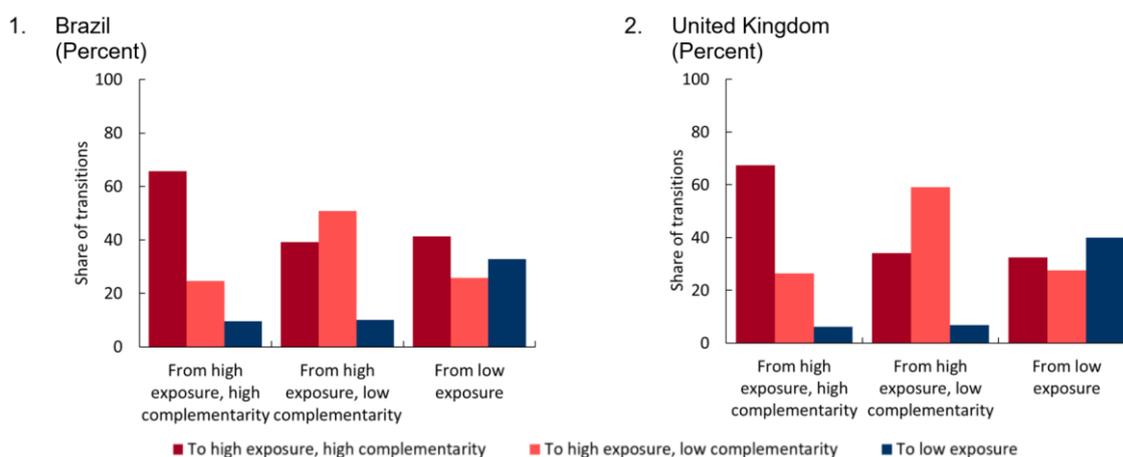


Figura 28: Transizioni professionali per lavoratori con istruzione universitaria in Brasile e nel Regno Unito, Cazzaniga e al., 2024⁴⁷

I lavoratori con un'istruzione universitaria hanno storicamente mostrato una maggiore capacità di transizione verso quelli che oggi sono lavori con un elevato potenziale di complementarità dell'IA.

⁴⁵ L'analisi in questa sezione è condotta solo per il Regno Unito e il Brasile perché le indagini sulla forza lavoro per questi due paesi sono strutturate come pannelli rotanti, che consentono di monitorare i singoli lavoratori nel tempo.

⁴⁶ Il genere non è discusso direttamente in questa sezione perché i principali risultati presentati di seguito per ciascun gruppo educativo valgono sia per i maschi che per le femmine separatamente.

⁴⁷ "From" indica la categoria di esposizione dell'occupazione svolta dall'individuo nel trimestre precedente; "To" indica la categoria di esposizione della professione a cui è passato il lavoratore. La quota di transizioni rappresenta la quota media di transizioni nella categoria "From" per i lavoratori con istruzione universitaria che passano alla categoria "To".

Sia i lavoratori con istruzione universitaria che quelli senza istruzione universitaria cambiano spesso occupazione.

La probabilità media annua di cambiamento di professione è del 43,7% in Brasile e del 29,8% nel Regno Unito per i lavoratori con istruzione universitaria e del 38% e 27% per i lavoratori con istruzione non universitaria⁴⁸.

Individui con istruzione universitaria che lavorano in quelli che sono, o potrebbero diventare, le occupazioni ad alta intensità di IA, tendono a rimanere in tali ambienti quando cambiano lavoro, indipendentemente dalla complementarità dell'IA con i loro ruoli (Figura 28).

Più di un terzo di coloro che abbandonano lavori a bassa complementarità, inoltre, si spostano verso ruoli con una maggiore complementarità dell'IA, il che dimostra una potenziale strada per la crescita dell'occupazione.

I lavoratori senza istruzione universitaria sono impiegati, prevalentemente, in lavori a bassa esposizione all'IA e sono meno propensi a spostarsi verso posizioni ad alta complementarità quando passano da occupazioni ad alta esposizione e a bassa complementarità⁴⁹.

Nella seguente Figura 29 i riquadri indicano la quota stimata di occupazione per età per ciascuna categoria di esposizione per i lavoratori con istruzione universitaria e non universitaria.

L'adozione dell'IA pone sfide ma rappresenta un'opportunità per la carriera dei giovani lavoratori con istruzione universitaria; la Figura 29 mostra che i lavoratori con istruzione universitaria spesso passano da lavori a bassa complementarità a lavori ad alta complementarità tra i 20 e i 30 anni.

La loro progressione di carriera si stabilizza tra la fine dei 30 e l'inizio dei 50 anni quando, di solito, hanno raggiunto ruoli senior e sono meno propensi a fare cambiamenti significativi di lavoro.

⁴⁸ Questi valori sono sostanzialmente in linea con altri dati sulla mobilità occupazionale nelle economie avanzate e nei mercati emergenti. Ad esempio, per gli Stati Uniti, Kambourov e Manovskii (2009) stimano un tasso annuo di cambiamento di professione del 21%, mentre Moscarini e Vella (2008) stimano un tasso mensile del 3,5%, equivalente al 34,7% annuo. Nel frattempo, per il Brasile, Monsueto, Moreira Cunha e da Silva Bichara (2014) stimano un tasso di cambiamento di occupazione del 30% su un periodo di quattro mesi.

⁴⁹ Si verificano anche cambiamenti di settore, ma la classificazione dell'esposizione e della complementarità dell'IA non è stata condotta a livello di settore. Mentre alcune occupazioni sono specifiche del settore (ad esempio, i medici in genere lavorano nel settore sanitario), altre sono più versatili e possono estendersi ad altri settori

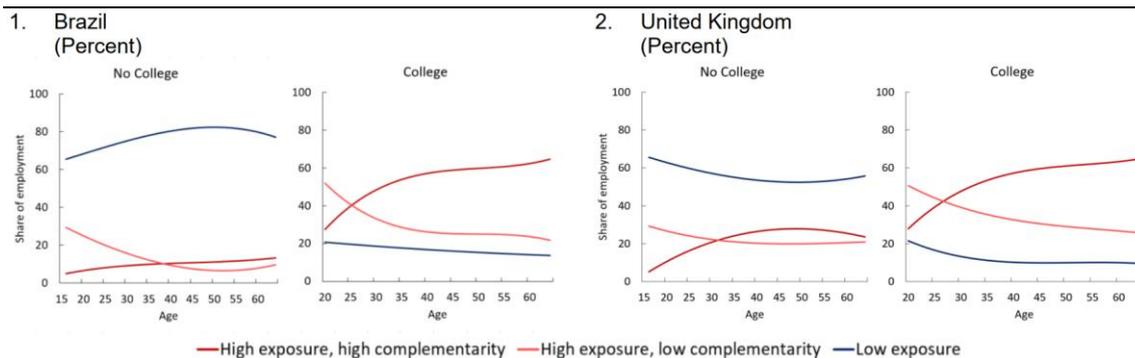


Figura 29: Profili del ciclo di vita delle quote di occupazione per livello di istruzione, Brasile e Regno Unito, Cazzaniga e al., 2024

Sebbene i lavoratori senza istruzione universitaria mostrino modelli simili, la loro progressione è meno pronunciata e occupano meno posizioni ad alta esposizione.

Ciò suggerisce che i lavoratori giovani e istruiti sono esposti sia a potenziali perturbazioni del mercato del lavoro sia a opportunità in occupazioni che potrebbero essere influenzate dall'IA.

Da un lato, se le posizioni a bassa complementarità, come i lavori d'ufficio, fungessero da trampolino di lancio verso lavori ad alta complementarità, una riduzione della domanda di occupazioni a bassa complementarità potrebbe rendere più difficile l'ingresso dei giovani lavoratori altamente qualificati nel mercato del lavoro.

D'altro canto, l'IA può consentire ai giovani lavoratori con istruzione universitaria di acquisire esperienza più rapidamente poiché sfruttano la loro familiarità con le nuove tecnologie per migliorare la loro produttività.

Con l'introduzione dell'IA generativa, il suo uso è diventato molto più semplice: un recente studio mostra che l'impatto sulla produttività di un assistente conversazionale basato sull'IA è stato maggiore per gli operatori dell'assistenza clienti meno esperti e poco qualificati; l'effetto sui lavoratori esperti e altamente qualificati è stato minimo (Brynjolfsson, Danielle e Raymond 2023).

I lavoratori più anziani potrebbero essere meno adattabili e troverebbero ulteriori ostacoli alla mobilità da affrontare, come si evince dalla loro minore probabilità di essere rioccupati dopo il licenziamento.

Dopo la cessazione del lavoro, i lavoratori più anziani hanno meno probabilità di ottenere un nuovo impiego entro un anno rispetto ai lavoratori giovani e in età più giovane (Figura 30).

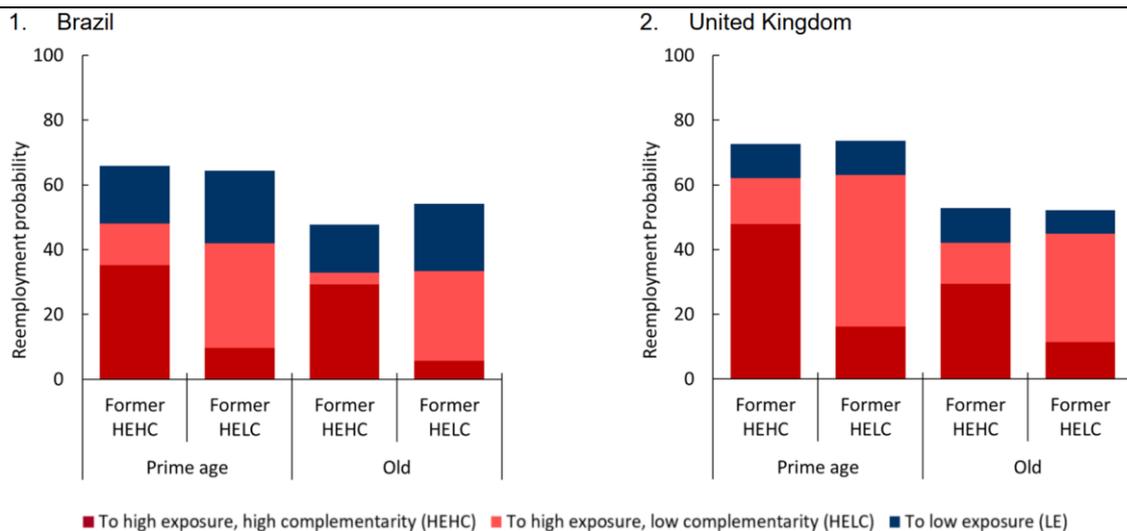


Figura 30: Probabilità di rioccupazione per un anno dei lavoratori separati, Cazzaniga e al., 2024⁵⁰

Diversi fattori possono spiegare questa discrepanza, in primo luogo, le competenze dei lavoratori più anziani, sebbene un tempo molto richieste, potrebbero ora essere obsolete a causa dei rapidi progressi tecnologici.

Dopo un periodo significativo trascorso in un luogo particolare, inoltre, essi possono avere legami geografici ed emotivi, ad esempio con il coniuge e i figli, che li scoraggiano dal trasferirsi per nuove opportunità di lavoro.

Gli obblighi finanziari accumulati nel corso degli anni potrebbero anche renderli meno propensi ad accettare posizioni con taglio dello stipendio e, infine, avendo investito molti anni, se non decenni, in un particolare settore o occupazione, potrebbe esserci una naturale riluttanza o addirittura una barriera percettiva alla transizione verso ruoli o settori completamente nuovi.

Ciò può riflettere una combinazione di comfort con ambienti familiari, preoccupazione per la curva di apprendimento in un nuovo ambito o pregiudizio percepito in base all'età: è probabile che questi vincoli siano rilevanti anche con riferimento alle interruzioni indotte dall'IA.

⁵⁰ Le barre mostrano la probabilità di rioccupazione dei lavoratori che sono passati di recente (entro il trimestre precedente) dall'occupazione alla disoccupazione, definita come la percentuale di questi lavoratori che sono nuovamente occupati dopo un anno. "From" indica la categoria di esposizione dell'occupazione svolta dall'individuo prima di essere disoccupato, mentre "To" indica la categoria di esposizione dell'occupazione a cui è passato il lavoratore. "Prime age" si riferisce ai lavoratori sopra i 35 anni e sotto i 55 anni; "Old" si riferisce ai lavoratori di età pari o superiore a 55 anni.

Storicamente, i lavoratori più anziani hanno dimostrato una minore adattabilità ai progressi tecnologici; l'IA può rappresentare una sfida simile per questo gruppo demografico.

Dopo la disoccupazione, i lavoratori più anziani, precedentemente impiegati in occupazioni ad alta esposizione e ad alta complementarità, hanno meno probabilità di trovare lavoro nella stessa categoria di occupazione rispetto ai lavoratori in età più giovane (vedi Figura 30).

Questa differenza nelle dinamiche di ri-impiego può riflettere il cambiamento tecnologico, i cambiamenti nelle preferenze dei lavoratori e i pregiudizi o gli stereotipi legati all'età nei processi di assunzione in occupazioni ad alta complementarità e ad alta esposizione.

Il cambiamento tecnologico può influenzare i lavoratori più anziani attraverso la necessità di apprendere nuove competenze.

Le aziende potrebbero non trovare vantaggioso investire nell'insegnamento di nuove competenze ai lavoratori con un orizzonte di carriera più breve; i lavoratori più anziani potrebbero anche avere meno probabilità di impegnarsi in tale formazione, poiché il beneficio percepito potrebbe essere limitato per effetto della durata residua degli anni di lavoro rimanenti.

Questo effetto può essere amplificato dalla generosità dei programmi pensionistici e di assicurazione contro la disoccupazione⁵¹.

Questi canali sono in linea con *Braxton e Taska (2023)*, che rilevano che la tecnologia contribuisce per il 45% alle perdite di guadagno conseguenti alla disoccupazione: ciò accade principalmente perché i lavoratori privi di nuove competenze si spostano verso lavori in cui le loro competenze esistenti sono apprezzate ma che ottengono salari più bassi.

I cambiamenti occupazionali incidono anche sui redditi dei lavoratori: sia in Brasile che nel Regno Unito, il passaggio a occupazioni ad alta esposizione e ad alta complementarità è associato a salari più alti (Figura 31)⁵². Un maggiore accesso a questi tipi di lavoro

⁵¹ Si veda ad esempio Yashiro e altri (2022), i quali scoprono che in Finlandia, i lavoratori più anziani nelle occupazioni più esposte alle tecnologie digitali hanno maggiori probabilità di abbandonare il lavoro ogni anno, e questo effetto è amplificato quando i lavoratori possono accedere a un'estensione dei benefici, conosciuto come il "tunnel della disoccupazione", che estende i sussidi di disoccupazione fino alla pensione

⁵² Numerosa letteratura, a partire da Kambourov e Manovskii (2009), rileva che la mobilità professionale è un importante motore della crescita salariale a livello individuale e della disuguaglianza salariale tra i lavoratori

potrebbe, quindi, essere un motore significativo della crescita del reddito per i lavoratori nei settori avanzati e mercati emergenti ed economie in via di sviluppo.

In Brasile (Figura 31, riquadro 1), i lavoratori che passano da occupazioni ad alta esposizione a lavori a bassa esposizione tendono a sperimentare una contrazione della retribuzione oraria: tali transizioni, quindi, possono essere associate a perdite di reddito.

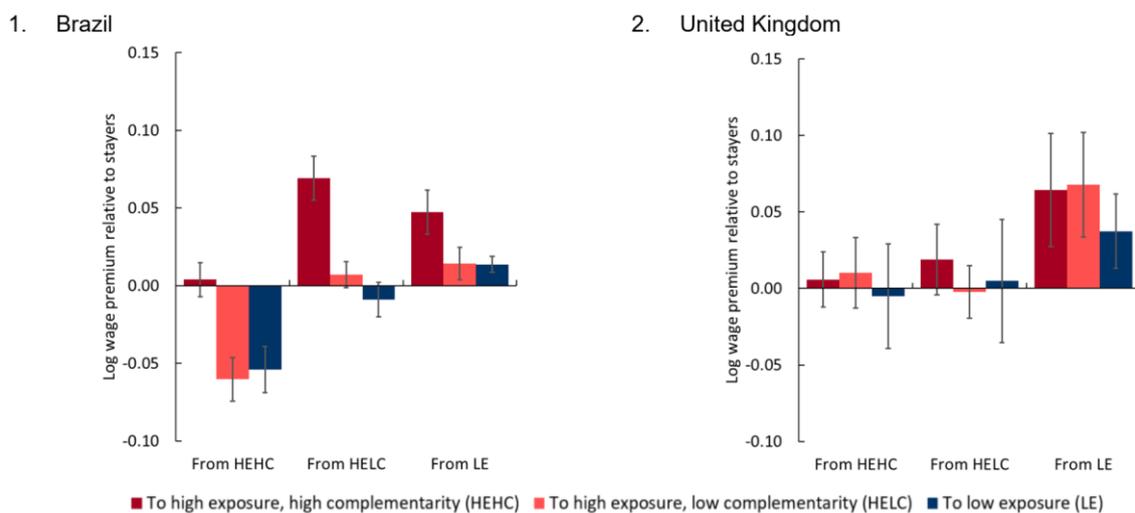


Figura 31: Premi salariali percentuali stimati derivanti dal cambiamento di occupazione, Cazzaniga e al., 2024⁵³

In sintesi, man mano che l'IA rimodella il mercato del lavoro, i lavoratori probabilmente si adatteranno alle mutevoli richieste, con risultati che variano in base all'istruzione e all'età.

I giovani lavoratori con istruzione universitaria sono i più vulnerabili ma, allo stesso tempo, i più adattabili, spesso oscillanti tra i tipi di lavoro.

I modelli storici del Brasile e del Regno Unito rivelano che i ruoli ad alta esposizione e ad alta complementarità offrono premi salariali, mentre il passaggio a ruoli a bassa esposizione potrebbe ridurre i salari.

La tendenza dei lavoratori di tutte le età a ritornare a ruoli simili dopo la disoccupazione suggerisce una certa inflessibilità del mercato del lavoro: la capacità di adattamento è fondamentale per affrontare i cambiamenti indotti dall'IA.

⁵³ "From" indica la categoria di esposizione dell'occupazione svolta dall'individuo nell'anno precedente, mentre "To" indica la categoria di esposizione dell'occupazione a cui è passato il lavoratore. I premi sono relativi ai restanti; rappresentano cioè l'aumento o la diminuzione dei salari rispetto ai lavoratori della categoria "da" che non hanno cambiato occupazione nell'arco di un anno.

Infine, sebbene i modelli storici esaminati in questo paragrafo siano informativi, la trasformazione strutturale che l'adozione dell'IA genererà è ancora incerta, e nessuno sa con certezza come il mercato del lavoro, nel suo complesso, e i singoli lavoratori saranno in grado di adattarsi.

3.4 Intelligenza artificiale, produttività e disparità

Di seguito è presentata un'analisi basata su modelli teorici utilizzati⁵⁴ per valutare il potenziale impatto dell'adozione dell'IA sull'economia e sulla disparità.

L'approccio analitico utilizzato è complementare ai risultati empirici precedentemente illustrati e consente di ottenere utili indicazioni in relazione agli effetti più ampi sull'economia a seguito dell'adozione dell'IA secondo tre componenti: (1) spostamento della manodopera, (2) complementarità (vedi § 3.2) e (3) guadagni di produttività.

In primo luogo, l'adozione dell'IA potrebbe spostare compiti precedentemente svolti dai lavoratori al capitale investito nell'implementazione dell'IA nell'azienda, portando ad una riduzione del reddito complessivamente speso per i dipendenti con conseguente diminuzione di disponibilità economica complessiva dei cittadini.

In secondo luogo, l'adozione dell'IA potrebbe aumentare l'importanza dei compiti che non vengono da essa sostituiti, in particolare nelle occupazioni con elevata complementarità tra lavoro umano e IA.

Ciò porta a uno spostamento del valore aggiunto e della domanda di lavoro verso occupazioni con elevata complementarità dell'IA e allontanandole da altre occupazioni più esposte agli effetti della diffusione dell'IA.

In terzo luogo, l'adozione dell'IA potrebbe portare a incrementi di produttività su larga scala, stimolando gli investimenti e aumentando (indirettamente) la domanda complessiva di manodopera, il che potrebbe compensare parte del calo del reddito da lavoro causato dallo spostamento di manodopera (più esposta) indotto dall'IA.

Di conseguenza, l'impatto complessivo dell'IA sui livelli di reddito e sulla disparità dipenderà dalla misura in cui i guadagni nell'attività economica generati dalla produttività indotta dall'IA compenseranno eventuali perdite di reddito da lavoro.

⁵⁴ M. Cazzaniga, F. Jaumotte, L. Li, G. M., A. J. Panton, C. Pizzinelli, E. Rockall, and M. M. Tavares "Gen-AI: Artificial Intelligence and the Future of Work", International Monetary Fund, Washington, DC, January 2024

Per comprendere l'impatto dell'IA sui livelli di reddito e sulla disparità dei redditi, è necessario esaminare sia i canali del reddito da lavoro che quelli da capitale.

A tale scopo è stato sviluppato un modello descritto in due articoli di *Drozd, Taschereau-Dumouchel e Tavares (2022)* e *Moll, Rachel e Restrepo (2022)*.

Gli agenti economici differiscono per produttività del lavoro e patrimonio posseduto, offrendo un quadro completo della distribuzione del reddito e della ricchezza.

Si presuppone che l'IA venga adottata al suo massimo potenziale e influenzi gli agenti economici in base alla loro esposizione all'IA e al potenziale di complementarità.

All'interno di questo quadro analitico, l'effetto dell'IA sul reddito opera, principalmente, attraverso i tre canali sopra menzionati: (1) spostamento della manodopera, (2) complementarità (vedi § 3.2) e (3) guadagni di produttività.

L'adozione dell'IA porta anche ad un aumento del rendimento del capitale che, a sua volta, aumenta la ricchezza e la disparità di ricchezza, in linea con la distribuzione iniziale delle attività possedute.

Il modello citato è calibrato sui dati relativi al Regno Unito, un paese altamente esposto all'adozione dell'IA; il reddito dei lavoratori è suddiviso in tre categorie:

- (1) reddito da lavoro, che può essere esposto positivamente o negativamente all'IA a seconda del suo grado di complementarità con le competenze dei lavoratori;
- (2) reddito da capitale, che aumenta con l'adozione dell'IA;
- (3) benefici e altri redditi (benefici pubblici, pensioni e così via)⁵⁵.

La Figura 32, riquadro 1, mostra che i lavoratori ad alto reddito percepiscono una quota molto maggiore di proventi da capitale rispetto ai lavoratori a reddito medio e basso, suggerendo che questa fonte di reddito può svolgere un ruolo cruciale nel determinare l'impatto della disuguaglianza di reddito derivante dall'adozione dell'IA.

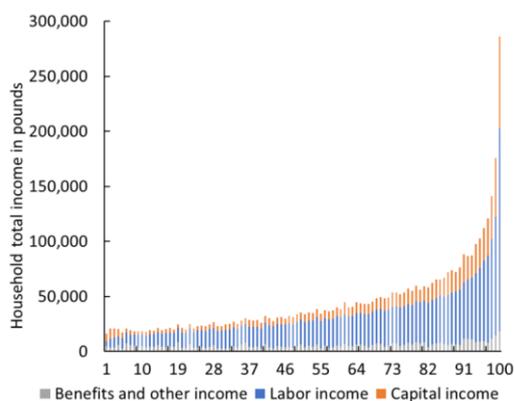
Il reddito totale dei lavoratori a reddito medio e basso dipende maggiormente dal reddito da lavoro.

L'impatto dell'IA sul reddito da lavoro varierà in base all'esposizione e alla complementarità dei lavoratori all'IA.

⁵⁵ Mentre le prestazioni pensionistiche sono generalmente classificate come reddito ordinario, il reddito dei fondi pensione è classificato come reddito da capitale. Per semplicità, nella Figura 32, riquadro 1, il reddito pensionistico è raggruppato insieme ai benefici statali e ad altri redditi

Il riquadro 2 della Figura 32, mostra che l'esposizione dei lavoratori all'IA aumenta con il loro reddito.

1. Exposure of Income to AI (British pounds)



2. Exposure and Complementarity by Income Percentiles (AI and complementarity index)

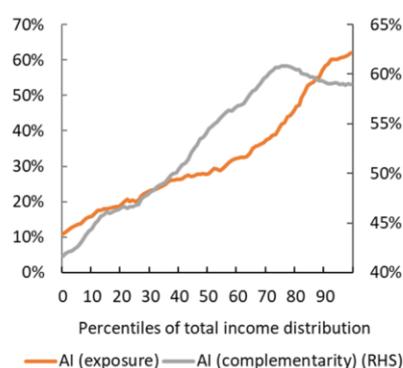


Figura 32: Esposizione all'IA, all'automazione e al reddito nel Regno Unito, Cazzaniga e al., 2024⁵⁶

Tuttavia, anche la potenziale complementarità dei lavoratori con l'IA aumenta con l'aumentare del reddito, anche se, nel caso del Regno Unito, raggiunge il picco intorno al 75° percentile, per poi diminuire leggermente.

L'impatto dell'IA viene simulato costruendo tre scenari che presuppongono un calo della quota di lavoro, in linea con episodi storici comparabili associati all'automazione.

La diminuzione della quota di lavoro è stata storicamente associata ad un'automazione orientata alla routine e, in misura minore, all'aumento degli scambi commerciali, all'aumento dei margini di profitto e al calo del potere contrattuale dei lavoratori derivante dall'indebolimento dei sindacati⁵⁷.

Basandosi sul cambiamento osservato nel Regno Unito tra il 1980 e il 2014 come scenario possibile, ipotizziamo che la quota di lavoro diminuisca di 5,5 punti percentuali a seguito dell'introduzione dell'IA: questo impatto è ripartito lungo la distribuzione del reddito, a

⁵⁶ Il riquadro 1 mostra tre categorie di reddito dei lavoratori in base ai percentili del reddito totale: (1) reddito salariale; (2) benefici, pensioni e altri redditi; e (3) redditi da capitale (affitti e redditi stimati da investimenti). Nel riquadro 2, l'esposizione all'IA è misurata come la quota di ore totali lavorate in un lavoro nel 30% più alto dei punteggi di esposizione professionale all'IA, da Felten, Raj e Seamans (2021), ponderata in base alle ore lavorate. Questa soglia è scelta per rendere l'analisi comparabile con episodi storici di automazione. La complementarità dell'IA viene misurata considerando i contesti lavorativi e le competenze, come discusso nel riquadro 1 e in dettaglio in Pizzinelli e altri (2023). Nel pannello, tracciamo l'esposizione e la complementarità dell'IA in base ai percentili del reddito totale. RHS = scala destra.

⁵⁷ Cfr. FMI (2017); Dao, Mitali e Koczan (2019); e Bergholt, Furlanetto e Maffei-Faccioli (2022) per i fattori che potrebbero spiegare il calo della quota di lavoro

seconda dell'esposizione e della complementarità dei lavoratori all'IA, come mostrato nella Figura 32, riquadro 2.

I tre scenari incorporano lo stesso spostamento delle mansioni lavorative attraverso l'effetto di Capital deepening⁵⁸, ma sono differenziati per:

- (1) bassa complementarità, se l'IA aumenta solo leggermente la domanda di occupazioni ad alta complementarità;
- (2) ad alta complementarità, se l'IA sostiene fortemente la domanda di occupazioni ad alta complementarità;
- (3) ad alta complementarità e alta produttività, se l'IA integra fortemente occupazioni ad alta complementarità, come nello scenario (2), e aumenta ulteriormente la produttività dell'economia, prevalentemente attraverso lavoratori in occupazioni ad alta complementarità.

L'aumento della produttività nel modello è calibrato per generare un aumento di quasi 1,5 punti percentuali nel tasso di crescita medio annuo della produttività dei lavoratori nei primi 10 anni dopo l'adozione dell'IA.

Questo valore si colloca al limite inferiore degli studi a livello aziendale che stimano il potenziale impatto dell'adozione dell'IA sulla produttività dei lavoratori (come discusso in *Briggs e Kodnani 2023*)⁵⁹.

L'impatto dell'IA sulla disparità dei redditi da lavoro dipende dalla competizione tra il grado di esposizione e di complementarità con l'IA e il suo incremento della produttività. Quando l'IA ha una bassa complementarità con il lavoro, l'adozione dell'IA porta a un calo della disparità dei redditi da lavoro (vedi Figura 33) a causa dell'effetto dello spostamento.

Al vertice della distribuzione del reddito l'effetto di spostamento è maggiore dei guadagni di complementarità, portando a un calo del reddito da lavoro nella parte superiore.

⁵⁸ Capital deepening= o intensificazione del capitale, si riferisce alla relazione tra lavoratori e capitale impiegato in un'impresa. In altre parole, rappresenta la quantità di capitale disponibile per ogni lavoratore, ovvero il numero di macchinari a disposizione per ciascun lavoratore (misurato come il coefficiente capitale/ora di lavoro). Questo concetto è importante perché evidenzia l'importanza non solo dell'aumento del capitale o della forza lavoro in un'economia, ma anche della giusta combinazione di macchinari e lavoro.

⁵⁹ Sebbene l'analisi presentata metta a confronto scenari di stato stazionario, il modello consentirebbe anche lo studio delle dinamiche a breve termine verso lo stato stazionario di lungo termine.

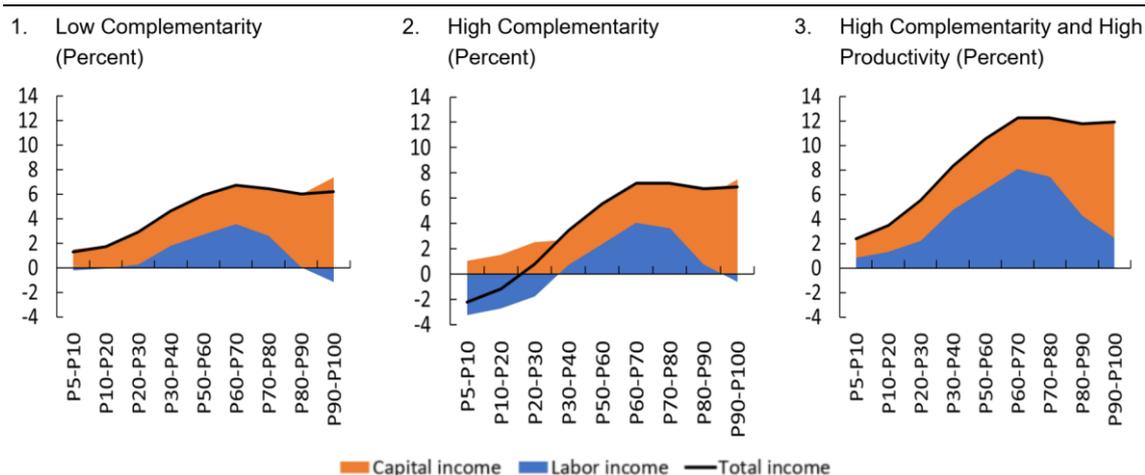


Figura 33: Variazione del reddito totale per percentile di reddito, Cazzaniga e al., 2024⁶⁰

Quando l'IA è altamente complementare al lavoro, l'effetto di complementarità diventa più forte dell'effetto di spostamento, in particolare nella metà superiore della distribuzione del reddito, portando a una quota minore di lavoratori ad alto reddito influenzati negativamente dall'IA rispetto al caso a bassa complementarità.

La percentuale di lavoratori colpiti negativamente ai vertici scende da quasi il 15% a meno del 5%.

Questa elevata complementarità porta anche a un calo del reddito da lavoro di coloro che svolgono compiti meno complementari che, tipicamente, rientrano tra i lavoratori a basso reddito: di conseguenza, aumenta la disparità dei redditi da lavoro.

Se si considera, infine, anche l'impatto sulla produttività dell'IA, il reddito da lavoro aumenta per tutti i lavoratori dell'economia, anche per quelli con bassa esposizione e quelli con alta esposizione e bassa complementarità.

La ragione principale è che una maggiore produttività porta a una maggiore domanda per tutti i fattori di produzione dell'economia, con conseguente aumento del reddito da lavoro.

Tuttavia, la disparità nel reddito da lavoro aumenta perché l'aumento è maggiore per i lavoratori con un'elevata complementarità dell'IA.

⁶⁰ I riquadri mostrano tre scenari del modello: (1) bassa complementarità, (2) alta complementarità e (3) alta complementarità e alta produttività. Per tutti gli scenari, la variazione calibrata della quota di capitale è la stessa: 5,5 punti percentuali, sulla base della variazione della quota di capitale nel periodo 1980-2014. I riquadri mostrano la variazione del reddito totale per quota percentile P di reddito, scomposta nella variazione del reddito da lavoro in blu e nella variazione del reddito da capitale.

A differenza della disparità nel reddito da lavoro, la disuguaglianza nel reddito da capitale e nella ricchezza aumenta sempre con l'adozione dell'IA (Figura 33).

La ragione principale dell'aumento del reddito da capitale e della disuguaglianza della ricchezza è che l'IA porta allo spostamento della manodopera e ad un aumento della domanda di capitale per la sua messa a punto incrementando, conseguentemente, i rendimenti del capitale impiegato e il valore delle attività complessivamente possedute.

In tutti gli scenari considerati, i tassi di interesse aumentano di quasi lo 0,4%, con la potenzialità di compensare parzialmente il calo del tasso di interesse naturale nel Regno Unito e nelle economie avanzate in generale⁶¹.

Poiché nel modello, come nei dati, i lavoratori ad alto reddito detengono un'ampia quota di asset, essi beneficiano maggiormente dell'aumento dei rendimenti del capitale.

Di conseguenza, in tutti gli scenari, indipendentemente dall'impatto sul reddito da lavoro, il reddito totale dei redditi più alti aumenta a causa delle plusvalenze sul reddito da capitale.

Queste simulazioni di modelli non tengono conto di possibili cambiamenti nella definizione dei diritti di proprietà, nonché da cambiamenti nelle politiche fiscali e redistributive, che possono aiutare a rimodellare i risultati distributivi (vedi, ad esempio, *Berg e altri 2021*, nel contesto dell'automazione; e *Klinova e Korinek 2021*, nel contesto dell'IA).

Nello scenario ad alta complementarità e alta produttività, l'aumento del reddito nazionale totale è maggiore e va a beneficio di tutti i lavoratori, anche se i guadagni per quelli al vertice sono maggiori.

Nel primo scenario, in cui l'IA ha una bassa complementarità, l'uso dell'IA porta ad un aumento della produzione di quasi il 10% grazie a una combinazione di capital deeping⁶² e un piccolo aumento nella produttività totale dei fattori (Figura 34).

Quando si considera una maggiore complementarità (secondo scenario), l'impatto dell'IA sulla produzione e sulla produttività totale dei fattori è simile all'impatto nello scenario a

⁶¹ L'aumento del tasso di interesse è all'incirca della stessa entità del calo del tasso naturale del Regno Unito attribuibile ai dati demografici (FMI 2023).

⁶² Capital deepening= o intensificazione del capitale, si riferisce alla relazione tra lavoratori e capitale impiegato in un'impresa. In altre parole, rappresenta la quantità di capitale disponibile per ogni lavoratore, ovvero il numero di macchinari a disposizione per ciascun lavoratore (misurato come il coefficiente capitale/ora di lavoro). Questo concetto è importante perché evidenzia l'importanza non solo dell'aumento del capitale o della forza lavoro in un'economia, ma anche della giusta combinazione di macchinari e lavoro.

bassa complementarità perché questi scenari presuppongono lo stesso capital deeping e guadagni di produttività del capitale.

Tuttavia, una maggiore complementarità porta a una riallocazione settoriale, con la domanda di lavoro e l'attività economica che si sposta da occupazioni a bassa complementarità a occupazioni ad alta complementarità.

(Percentage points, left scale; percent, right scale)

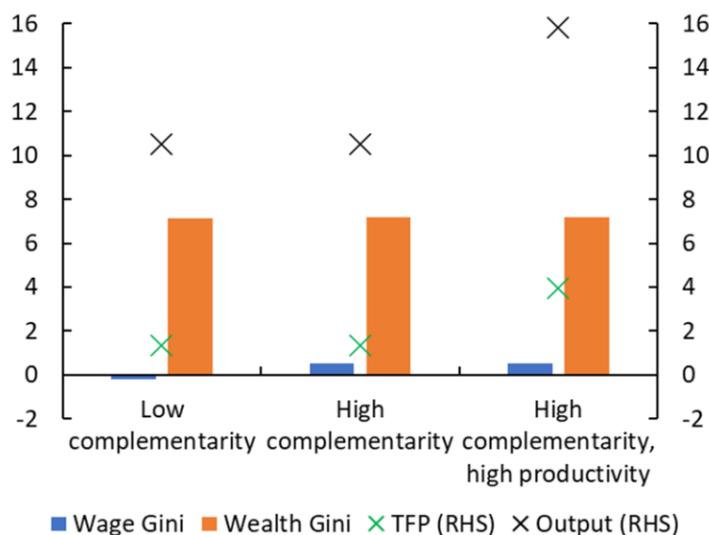


Figura 34: Impatto sugli aggregati, Cazzaniga e al., 2024⁶³

I livelli di reddito totale dei lavoratori a basso reddito diminuiscono del 2%, mentre i guadagni dei lavoratori più abbienti sono quasi dell'8%, portando a circa lo stesso aumento del livello di reddito nazionale del primo scenario e ad un aumento della disuguaglianza del reddito da lavoro.

Infine, se si considera anche l'impatto sulla produttività, la produzione aumenta del 16% tra lo stato stazionario e la produttività totale dei fattori aumenta di quasi il 4%: questi guadagni si verificano principalmente nei primi 10 anni della transizione.

In questo terzo scenario, nonostante l'aumento della disparità del reddito da lavoro, il livello di reddito totale aumenta per tutti i lavoratori dell'economia, variando dal 2% per i lavoratori a basso reddito a quasi il 14% per i lavoratori ad alto reddito.

⁶³ La figura mostra la variazione del Gini dei salari e della ricchezza aggregati tra la distribuzione iniziale e quella finale in ciascuno scenario, nonché la variazione della TFP(=produttività totale dei fattori) e della produzione. RHS = scala destra

Nei mercati emergenti e nelle economie in via di sviluppo, che presentano una maggiore disuguaglianza iniziale, l'IA potrebbe amplificare i divari di ricchezza e ridurre la disparità salariale in misura maggiore, ma se l'esposizione all'IA fosse inferiore e diffusa, potrebbe smorzare questi effetti.

Una questione importante è come i risultati del modello possono cambiare se si considerano due aspetti pertinenti ai mercati emergenti e alle economie in via di sviluppo: (1) livelli iniziali più elevati di disuguaglianza di reddito e ricchezza e (2) minore esposizione all'IA.

Le simulazioni suggeriscono che un reddito iniziale più elevato e una maggiore disparità di ricchezza potrebbero esacerbare quest'ultima, perché i guadagni associati all'IA vanno prevalentemente ai redditi più alti.

Allo stesso tempo, la disparità dei redditi da lavoro potrebbe diminuire in misura maggiore a causa di una più elevata concentrazione di lavoratori esposti all'IA nella parte superiore della distribuzione del reddito.

L'effetto finale, tuttavia, dipende dal grado di complementarità, come nel caso delle economie avanzate.

In un'economia con meno lavoratori esposti all'IA, l'impatto diretto dell'IA sulla distribuzione del reddito e della ricchezza potrebbe essere meno pronunciato, dato che meno persone trarranno beneficio dall'IA⁶⁴.

Infine, il potenziale dell'IA di migliorare i servizi pubblici, modernizzare la finanza e sostenere settori come l'agricoltura e l'assistenza sanitaria, potrebbe stimolare l'inclusione e la produttività nei mercati emergenti e nelle economie in via di sviluppo.

Sebbene le simulazioni del modello si concentrino sulla disuguaglianza all'interno del Paese, l'adozione dell'IA potrebbe anche avere effetti significativi sulla disparità economica globale, guidati dalla potenziale rilocalizzazione delle attività verso le economie avanzate.

Un simile spostamento potrebbe innescare una riallocazione di capitale e lavoro dalle regioni meno sviluppate, che non sono così preparate a sfruttare l'IA, verso Paesi tecnologicamente più avanzati e pronti per l'IA (*Alonso e altri 2022*).

⁶⁴ È importante quantificare l'entità con la quale i ricchi nei mercati emergenti e nelle economie in via di sviluppo hanno investito in azioni estere che potrebbero beneficiare dell'adozione dell'IA. Se tale investimento è significativo, gli individui facoltosi potrebbero ottenere rendimenti più elevati dalle loro partecipazioni in capitale estero, anche se l'adozione interna è bassa

Un esempio tipico è costituito dai call center situati nelle economie di mercato emergenti: questi potrebbero essere a rischio di sostituzione con soluzioni basate sull'IA, portando successivamente alla loro ricollocazione verso economie avanzate.

Oltre alla riallocazione del lavoro, l'aumento della redditività delle aziende che adottano l'IA può generare un afflusso di capitale dai mercati emergenti e dalle economie in via di sviluppo verso le economie avanzate, il che potrebbe ridurre i tassi di interesse di equilibrio nelle economie avanzate ed esercitare una pressione al ribasso sui redditi da capitale⁶⁵.

Chiaramente, tali dinamiche sono in questa fase altamente incerte. È anche possibile che, con investimenti sufficienti, l'IA possa aiutare i mercati emergenti e le economie in via di sviluppo a fare un salto di qualità in determinati settori, facilitando la delocalizzazione di una selezione più ampia di compiti e riducendo così la disuguaglianza tra Paesi.

3.5 Preparazione dei Paesi all'uso dell'IA

La preparazione all'uso dell'IA di un Paese è essenziale per sfruttarne il potenziale e mitigarne i rischi intrinseci potendo produrre risultati diversi sul mercato del lavoro nei vari Paesi, in particolare per quanto riguarda il ricollocazione della forza lavoro e la disparità salariale che dipendono, anche, dai quadri strutturali e istituzionali presenti nei vari Paesi.

Il livello di preparazione di un Paese gioca un ruolo fondamentale quando si tratta di massimizzare i benefici dell'IA, gestendo al contempo i rischi al ribasso, come dimostrano episodi storici di adozione della tecnologia (*Cirera, Comin e Cruz 2022*).

Di seguito è presentato un indice di preparazione all'IA (AIPI), che si basa su molteplici aree strategiche per la sua misura.

Prendendo spunto dalla letteratura sulle componenti di fondo correlati alla diffusione della tecnologia (ad esempio, *Keller 2004*) e dell'adozione (ad esempio, *Nicoletti, Rueden e Andrews 2020*), l'indice è costituito da un insieme selezionato di indicatori macro-strutturali che sono rilevanti per l'adozione e l'uso dell'IA.

Questi sono organizzati in quattro categorie: (1) infrastrutture digitali, (2) innovazione e integrazione economica, (3) politiche del capitale umano e del mercato del lavoro e (4) regolamentazione ed etica.

⁶⁵ Una versione multinazionale del modello potrebbe indagare su questa e altre questioni rilevanti

Sebbene ogni componente dell'AIPI sia importante singolarmente, la preparazione alla trasformazione strutturale indotta dall'IA dipenderà, probabilmente, dalle prestazioni collettive in tutti i settori.

Ad esempio, la componente dell'infrastruttura digitale, una componente cruciale per l'adozione delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ad esempio, *Nicoletti, Rueden e Andrews 2020*) può gettare le basi per la diffusione e le applicazioni localizzate della tecnologia IA.

Tuttavia, tale infrastruttura sarebbe di utilità limitata in assenza di una forza lavoro qualificata in grado di sfruttare le piattaforme digitali per applicazioni innovative sul posto di lavoro (*Bartel, Ichniowski e Shaw 2007*).

Pertanto, l'elemento delle politiche del capitale umano e del mercato del lavoro, che incorpora la presenza di reti di sicurezza sociale, tiene conto della prevalenza e della distribuzione inclusiva delle competenze digitali all'interno della forza lavoro e la presenza di politiche che facilitano la riallocazione del lavoro salvaguardando, al contempo, le persone danneggiate dalle transizioni indotte dall'IA (*Nicoletti, Rueden e Andrews 2020*).

Insieme a solide infrastrutture, una forza lavoro qualificata digitalmente è vitale per l'innovazione e l'integrazione economica (*Autor, Levy e Murnane 2003*) che, non solo favorisce lo sviluppo tecnologico interno, attraverso un vivace ecosistema di ricerca e sviluppo, ma promuove anche il commercio internazionale e attrae investimenti esteri e nuovi investimenti nelle tecnologie dell'IA (*Bloom, Draca e Van Reenen 2015*).

La dimensione normativa ed etica, infine, valuta la misura in cui i quadri giuridici esistenti sono adattabili all'evoluzione di nuovi modelli di business (digitali) e la presenza di una governance forte indispensabile per un'attuazione efficace dell'uso dell'IA.

Le economie più ricche, comprese le economie avanzate e alcune economie di mercato emergenti sono, generalmente, meglio preparate ad adottare l'IA rispetto ai Paesi a basso reddito, sebbene vi siano notevoli differenze tra i Paesi (Figura 35).

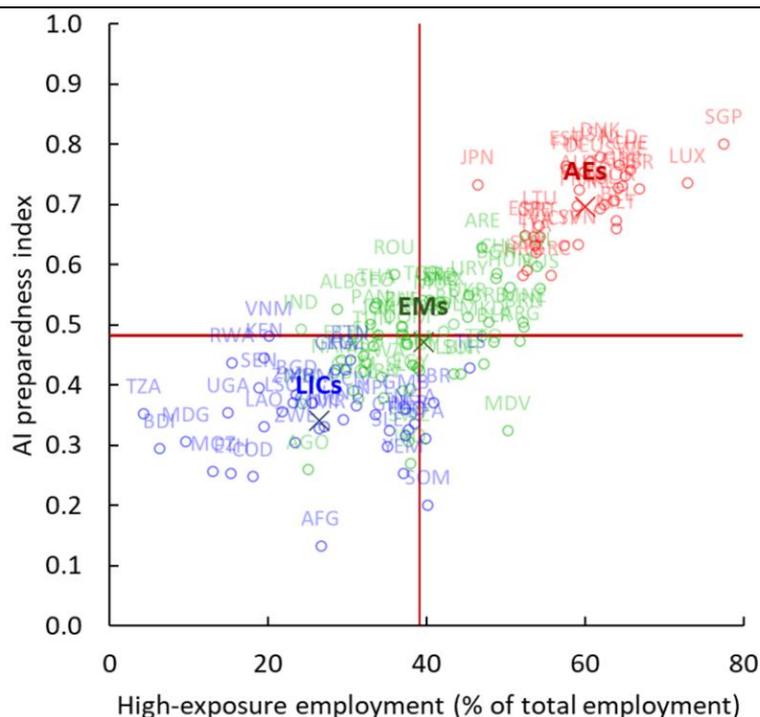


Figura 35: Indice di preparazione all'IA e quota di occupazione nelle occupazioni ad alta esposizione, Cazzaniga e al., 2024⁶⁶

In generale, le economie avanzate e alcune economie di mercato emergenti sono altamente esposte a potenziali perturbazioni dovute all'uso dell'IA, in un contesto di una quota considerevole di occupazione in tipi di lavoro altamente esposti.

Tuttavia queste economie altamente esposte, in particolare il Regno Unito e gli Stati Uniti, grazie alla loro forte preparazione, in particolare nelle infrastrutture digitali, nel capitale umano e nei quadri normativi adattabili, sono anche ben posizionate per sfruttare i benefici e mitigare i rischi dell'IA.

D'altro canto, i Paesi a basso reddito, sebbene relativamente meno esposti, sono impreparati in tutti gli aspetti necessari per sfruttare i vantaggi resi possibili dall'utilizzo dell'IA e, in particolare, destano preoccupazione per la limitata disponibilità di infrastrutture digitali e di forza lavoro qualificata nell'ambito delle tecnologie digitali.

⁶⁶ Il grafico comprende i dati di 125 paesi: 32 AE, 56 EM e 37 LIC. Le linee di riferimento rosse derivano dai valori mediani dell'indice di preparazione all'IA e dell'occupazione ad alta esposizione. Le X indicano i valori medi per ciascun gruppo di paesi corrispondente. I cerchi rappresentano i valori medi per ciascun rispettivo gruppo di paesi. EA = economie avanzate; ME = economie di mercato emergenti; LIC = paesi a basso reddito. Le etichette dei paesi utilizzano i codici paese dell'Organizzazione internazionale per la standardizzazione (ISO).

Queste differenze tra Paesi rischiano di amplificare il divario di reddito esistente tra le economie ricche e quelle povere, perché le economie avanzate si aspettano aumenti di produttività, come mostrato dalle simulazioni basate su modelli nel paragrafo precedente. Per tali motivi, la definizione delle priorità nelle riforme promosse dai Paesi poveri dovrebbe tendere a colmare le lacune nella preparazione per l'uso dell'IA.

In questo contesto, è utile distinguere tra la preparazione fondamentale all'IA, infrastrutture digitali e capitale umano che consentono ai lavoratori e alle imprese di adottare l'IA, e la preparazione di seconda generazione (innovazione e quadri giuridici). Per le economie con un'elevata esposizione all'IA e una forte preparazione all'adozione dell'IA (economie avanzate e alcune economie di mercato emergenti), si dovrebbe porre maggiore enfasi sul rafforzamento della loro capacità di innovazione digitale e sull'adattamento dei loro quadri giuridici ed etici per governare e promuovere i progressi dell'IA.

Di conseguenza, il miglioramento dei quadri normativi, che sono fondamentali per ampliare la fiducia della società negli strumenti di IA, seguito dall'innovazione e dall'integrazione, sono le dimensioni della preparazione all'IA più fortemente correlate con le dimensioni del settore digitale nelle economie avanzate (Figura 36, riquadri 3 e 4). Anche i quadri normativi devono mitigare i rischi legati alla sicurezza informatica (*Carriere-Swallow e Haksar 2019; Haksar e altri 2021*), che aumentano con l'uso diffuso dell'IA (*Bank of America 2023*) e possono influenzare negativamente le prestazioni delle aziende (*Jamilov, Rey e Tahoun 2023*).

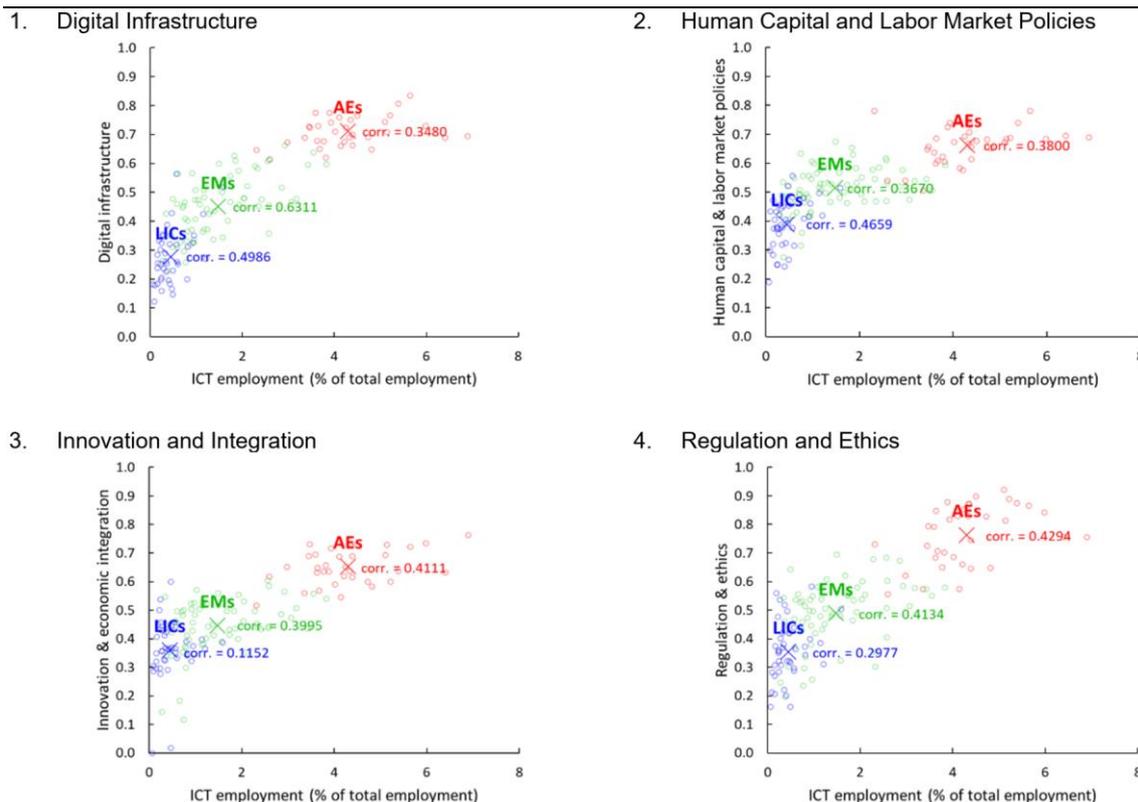


Figura 36: Quota occupazionale nel settore delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione e singoli componenti dell'indice di preparazione all'IA, Cazzaniga et al., 2024⁶⁷

Laddove la preparazione di base è debole (Paesi a basso reddito e alcune economie di mercato emergenti), gli investimenti nelle infrastrutture digitali e nel capitale umano dovrebbero avere la priorità per ottenere i primi vantaggi dall'IA aprendo, contemporaneamente, la strada alla preparazione di seconda generazione.

In altre parole, mentre la capacità di innovare e rafforzare i quadri normativi per le imprese digitali è cruciale per attrarre investimenti (digitali) nei Paesi a basso reddito, questi quadri saranno meno efficaci senza una forte infrastruttura di IA e una forza lavoro digitalmente qualificata.

In alcune economie di mercato emergenti e Paesi a basso reddito, dove la preparazione di base non rappresenta un forte vincolo, il miglioramento dell'innovazione e dei quadri normativi potrebbe catalizzare gli investimenti privati nelle innovazioni digitali.

⁶⁷ L'occupazione nel settore ICT si riferisce alle persone che lavorano nell'abito dell'informazione e della comunicazione in base alla classificazione ISIC-Rev. 4. Sono inclusi 142 paesi: 35 AE, 67 EM e 40 LIC. Le X indicano i valori medi per ciascun gruppo di paesi corrispondente. I cerchi rappresentano i valori medi per ciascun rispettivo gruppo di paesi. Per ciascun gruppo di paesi viene aggiunta anche la correlazione semplice (corr.). EA = economie avanzate; ME = economie di mercato emergenti; ICT = tecnologia dell'informazione e della comunicazione; LIC = paesi a basso reddito; ISIC = Classificazione industriale standard internazionale.

Le correlazioni riportate nella Figura 36 (riquadri 1 e 2) confermano queste argomentazioni poiché, nei Paesi a basso reddito, l'infrastruttura digitale e il capitale umano sono fortemente associati alle dimensioni del settore digitale.

Con tali investimenti, l'IA ha il potenziale per migliorare la fornitura di servizi fondamentali come l'istruzione e l'assistenza sanitaria e potrebbe svolgere compiti complessi in aree in cui la manodopera qualificata è scarsa.

Tuttavia, considerando i costi associati a tali investimenti ed il margine fiscale limitato in molti Paesi a basso reddito, sarebbe prudente concentrare la spesa su progetti ad alto rendimento.

3.6 Considerazioni generali in relazione alla diffusione dell'IA nel mondo del lavoro

L'adozione dell'IA può generare cambiamenti nel mercato del lavoro con significative differenze tra Paesi.

Le esatte implicazioni dell'IA per le economie e le società sono difficili da prevedere, poiché incorporano un livello di incertezza che ricorda le precedenti innovazioni tecnologiche di uso generale come, ad es., l'elettricità.

Questa incertezza è particolarmente pronunciata nei mercati del lavoro, dove l'IA offre aumenti di produttività ma comporta anche rischi di ricollocamento in posti di lavoro differenti.

I risultati delle analisi e valutazioni condotte nei precedenti paragrafi individuano le quote di occupazione esposte agli effetti dell'introduzione dell'IA, con le economie avanzate generalmente più esposte, ma anche meglio posizionate per sfruttare questa tecnologia, rispetto alla maggior parte dei mercati emergenti e delle economie in via di sviluppo.

Questa dinamica suggerisce un potenziale ampliamento del divario digitale e della disparità di reddito globale tra i Paesi con economia avanzata rispetto agli altri.

Le donne e i lavoratori altamente istruiti sono costantemente più esposti, ma anche più propensi a trarre beneficio dall'avvento dell'IA; i lavoratori più anziani potrebbero avere maggiori probabilità di incontrare difficoltà per effetto di questa transizione tecnologica. Sia le donne, con la loro forte presenza nel settore dei servizi, sia i lavoratori altamente istruiti, tipicamente impiegati in occupazioni ad alta intensità cognitiva, sono

maggiormente esposti all'IA: entrambi i gruppi, tuttavia, potranno trarre il massimo vantaggio dalla sua integrazione.

I giovani con un'istruzione universitaria hanno caratteristiche tali da consentire loro di dedicarsi più facilmente a lavori ad alta complementarità; i lavoratori più anziani, invece, devono affrontare le sfide connesse alla necessità di reimpiegarsi, di adattarsi alle nuove tecnologie, alla mobilità e di acquisire nuove competenze lavorative.

Oltre all'impatto sui livelli di reddito, che potrebbero aumentare per la maggior parte dei lavoratori, l'IA promuoverà una modifica della ricchezza posseduta dalle fasce più ricche della popolazione e la distribuzione del reddito anche per le categorie più pronte al cambiamento tecnologico richiesto.

Il Capital deepening⁶⁸ e l'aumento della produttività guidato dall'IA, possiedono il potenziale per favorire l'aumento dei redditi salariali per un'ampia gamma di lavoratori e per aumentare il reddito totale della comunità.

Ciò è più probabile se l'IA mostra una significativa complementarità con il lavoro umano in diversi ruoli e se l'incremento della produttività è sufficientemente facilitato.

L'incremento dell'attività economica e della domanda di manodopera stimulate dall'IA potrebbero compensare le conseguenze negative del trasferimento della manodopera dai posti di lavoro attualmente occupati.

A differenza delle precedenti innovazioni tecnologiche, che hanno riguardato soprattutto i lavoratori con competenze medie, gli effetti dell'IA si estendono a tutte le categorie di reddito, compresi i lavoratori ad alto reddito e i professionisti qualificati anche se, in effetti, le conseguenze dell'adozione dell'IA manifestano una correlazione positiva con i livelli di reddito.

Per tale motivo, l'aumento delle differenze di reddito da lavoro dipende dal livello di integrazione dell'IA nello svolgimento dei compiti dei professionisti ad alto reddito: più il loro lavoro è facilitato dall'IA maggiori saranno gli aumenti di reddito dei professionisti ad alto reddito.

⁶⁸ Capital deepening= o intensificazione del capitale, si riferisce alla relazione tra lavoratori e capitale impiegato in un'impresa. In altre parole, rappresenta la quantità di capitale disponibile per ogni lavoratore, ovvero il numero di macchinari a disposizione per ciascun lavoratore (misurato come il coefficiente capitale/ora di lavoro). Questo concetto è importante perché evidenzia l'importanza non solo dell'aumento del capitale o della forza lavoro in un'economia, ma anche della giusta combinazione di macchinari e lavoro.

Le simulazioni dei modelli suggeriscono che, con una forte complementarità, i lavoratori con salari elevati potrebbero sperimentare un aumento sproporzionato dei loro guadagni, esasperando così le disuguaglianze del reddito da lavoro.

Gli effetti dell'adozione dell'IA, inoltre, inducono l'aumento della disuguaglianza di reddito e ricchezza derivante da maggiori rendimenti di capitale che, in genere, vanno a beneficio delle persone con guadagni più elevati.

Questi effetti prescindono dalle scelte dei Paesi in merito alla definizione dei diritti di proprietà dell'IA e alle politiche redistributive che, per loro caratteristica, possono incidere sull'effettiva distribuzione del reddito e della ricchezza.

Sfruttare i vantaggi dell'IA dipenderà dalla preparazione dei Paesi e dalla capacità dei lavoratori di adattarsi a questa nuova tecnologia.

Le economie avanzate, e alcune economie emergenti, sono ben posizionate per sfruttare l'IA grazie alla loro elevata esposizione e preparazione.

Altre economie di mercato emergenti e Paesi a basso reddito potrebbero avere difficoltà a sfruttare i potenziali benefici dell'IA a causa delle loro infrastrutture inadeguate, della mancanza di competenze dei lavoratori e dell'assenza di quadri istituzionali, mettendoli a rischio di svantaggio competitivo: le fasi di sviluppo economico influenzano le priorità di preparazione.

Le economie di mercato emergenti avanzate e più sviluppate dovrebbero varare quadri normativi adeguati per ottimizzare i benefici nel caso di un maggiore utilizzo dell'IA e investire in innovazioni complementari.

I Paesi a basso reddito e altre economie di mercato emergenti dovrebbero dare priorità alle infrastrutture digitali e al capitale umano.

Con tali investimenti, l'IA potrebbe contribuire ad alleviare la carenza di competenze, espandere l'offerta di assistenza sanitaria e istruzione e migliorare la produttività e la competitività in nuovi settori.

Le potenziali implicazioni dell'IA richiedono un approccio proattivo da parte dei politici orientato al mantenimento della coesione sociale.

Sebbene, grazie all'uso dell'IA, siano probabili guadagni di produttività a lungo termine, durante la transizione, lo spostamento di posti di lavoro e i cambiamenti nella distribuzione del reddito potrebbero generare evidenti effetti nelle politiche economiche.

La storia dimostra che le pressioni economiche possono portare a disordini sociali e richieste di cambiamento politico: garantire la coesione sociale è fondamentale.

Le politiche devono promuovere l'integrazione equa ed etica dell'IA e formare la prossima generazione di lavoratori in queste nuove tecnologie; devono anche proteggere e aiutare a riqualificare i lavoratori attualmente a rischio di licenziamento.

La natura transfrontaliera dell'IA amplifica le sue sfide etiche e di sicurezza dei dati e richiede la cooperazione internazionale per garantire un uso responsabile, come recentemente stabilito nella Dichiarazione di Bletchley⁶⁹, firmata da 28 Paesi e dall'UE.

I Paesi hanno capacità diverse di affrontare questi problemi, il che evidenzia la necessità di principi globali armonizzati e legislazione locale.

Alla luce di ciò, nel successivo CAPITOLO IV si affronta il tema degli effetti della digitalizzazione dei processi nel settore della gestione (selezione e colloqui) del personale (Human Resources, HR) con l'illustrazione dei cambiamenti in atto e l'esposizione dei vantaggi (con o senza rischi?) offerti dall'introduzione pratica dell'IA. Attenzione è posta, inoltre, alla trasformazione del recruiting ed alla salvaguardia della privacy/diritti dei dipendenti oltre che agli sviluppi della legislazione europea di settore. È presentata, infine, una sezione che consente di ricostruire il quadro della situazione italiana nel settore dell'offerta e domanda di modelli di IA oltre che una breve rassegna di esempi di sua applicazione con l'esposizione dei relativi vantaggi

⁶⁹ L'AI Safety Summit si è svolto a Bletchley Park, nel Buckinghamshire, l'1 e il 2 novembre 2023 e ha riunito i governi, le aziende leader nel settore dell'IA, nonché molti esperti per discutere di IA ed definire le strategie migliori per non essere esposti ai rischi.

4 CAPITOLO IV: Effetti della digitalizzazione sull'HR e quadro dell'offerta nel settore dell'IA

4.1 Premessa

Al fine di fornire una sintetica panoramica degli ultimi sviluppi dell'IA, di seguito sono affrontati diversi aspetti che, nel loro insieme, forniscono un quadro:

- specifico degli effetti della digitalizzazione nel settore delle risorse umane (HR⁷⁰) illustrato nei § 4.2.1 e § 4.2.2;
- generale in relazione all'offerta nel settore dell'IA in Italia (vedi § 4.3) ed alle principali esperienze già condotte anche nel resto del mondo (vedi § 4.4).

La trattazione della digitalizzazione nel settore dell'HR consente di completare il percorso sviluppato nei precedenti capitoli, con riferimento agli effetti dell'introduzione dell'IA nel mondo del lavoro e dell'occupazione che rappresenta, in effetti, solo uno degli aspetti da indagare per comprendere i mutamenti connessi a questa innovazione scientifico-tecnologica.

Al fine di fornire una panoramica più generale, quindi, si è ritenuto utile delineare un quadro dell'offerta attualmente esistente in Italia in relazione alle aziende specializzate nel settore dell'IA che, con sole due eccezioni, non forniscono informazioni sulle loro esperienze applicative finora condotte.

Per tale motivo, oltre alle informazioni generali sulle aziende, si è ritenuto utile esporre le informazioni riguardanti le esperienze condotte dalle società Expert.ai e Questit che sono presenti sui siti aziendali.

Nell'ultimo paragrafo, infine, sono riportate alcune esperienze condotte al livello italiano ed internazionale nei settori dell'Agricoltura, Industria, Servizi Finanziari e Fisco/Sanità/Giustizia.

⁷⁰ Human Resources intese come “servizio” alle aziende per il reclutamento e la gestione del personale impiegato in essa.

4.2 Effetti della digitalizzazione sull'HR

Nel contesto attuale, caratterizzato da radicali cambiamenti derivanti dalla sempre più veloce diffusione dell'IA, le risorse umane (HR⁷¹) stanno subendo un processo di profonda trasformazione per potersi adeguare agli “*skill*” richiesti nel mondo del lavoro. Le HR, infatti, hanno il compito di “assistere” le aziende⁷² nelle loro trasformazioni digitali mentre, in passato, erano considerate una mera attività di supporto per l'acquisizione di nuovo personale, funzionale alle necessità delle aziende, ed alla successiva gestione del rapporto di lavoro, anche mediante la fornitura di servizi ai dipendenti.

Questo cambiamento, in particolare, si sta attuando in tre settori:

- **Forza lavoro digitale:** La forza lavoro di nuova acquisizione deve apportare un contributo alla creazione di una cultura di innovazione e condivisione all'interno dell'azienda; in tal modo è possibile promuovere nuove pratiche di gestione capaci di formare il “*DNA digitale*” costruendo una rete di talenti a supporto di una nuova struttura organizzativa basata sul lavoro⁷³;
- **Luogo di lavoro digitale:** Le aziende, al fine di seguire gli sviluppi tecnologici ed organizzativi in atto, devono creare luoghi di lavoro che, promuovendo il benessere dei dipendenti in modo da riuscire ad ottenere il loro massimo impegno, favoriscano la produttività complessiva, anche mediante l'uso di moderni strumenti di comunicazione (come Slack⁷⁴, Workplace by Facebook, Microsoft Teams, Skype di Microsoft, Zoom, ecc.);
- **Risorse umane digitali:** Le organizzazioni devono far evolvere le loro funzioni di HR da tradizionali in digitali, attraverso l'uso di strumenti e app digitali capaci di fornire le soluzioni più in linea con il progredire del mercato, sperimentando e innovando continuamente le metodologie applicate.

Sulla base di un'indagine⁷⁵ risulta che, nelle aziende intervistate, il passaggio dall'analogico al digitale nel:

⁷¹ Human Resources intese come “servizio” alle aziende per il reclutamento e la gestione del personale impiegato in essa.

⁷² Building your digital DNA,. DELOITTE LLP, 2014

⁷³ The organization of the future,. Global Human Capital Trends 2017: Rewriting the rules for the digital age,. J. Bersin, T. Mcdowell, A. Rahnama, & V. Durme, , Deloitte University Press, 2017,)

⁷⁴ <https://slack.com/intl/it-it>

⁷⁵ The HR software market reinvent sit self,. J. Bersin, 2016

-
- 56% dei casi si sta provvedendo a sostituire i programmi di HR con strumenti digitali e mobili;
 - 51% dei casi si sta riprogettando il complesso delle proprie organizzazioni in modo che gli strumenti e le procedure siano maggiormente digitalizzate;
 - 33% dei casi gli addetti alle HR intervistati, per facilitare le proprie mansioni, già utilizza uno o più strumenti basati sull'IA;
 - Nel 41% dei casi si stanno attivamente sviluppando applicazioni per i servizi di HR.

Il superamento delle teorie di Taylor⁷⁶ del lavoro ha dato origine alla funzione aziendale delle risorse umane (HR).

Raymond Miles⁷⁷ fu uno dei primi teorizzatori della funzione HR all'interno delle aziende e affermò che lo sviluppo industriale era arrivato a un punto in cui il capitale umano doveva essere considerato come un vero e proprio capitale, dando valore aggiunto all'azienda al pari dei beni, degli immobili e dei macchinari.

Anche a seguito a questa nuova concezione, le aziende hanno iniziato a investire in capitale umano per migliorare le qualità e le competenze dei propri dipendenti: questi investimenti sono stati visti come “azioni di capitale” redditizi per l'azienda.

Il concetto che la presenza di personale più qualificato e professionale porti vantaggi all'azienda, piuttosto che ai singoli lavoratori, si è sviluppato e si afferma sia nelle fasi di crescita e tutela del lavoro, sia nei momenti di crisi (come, ad es., durante i due ultimi conflitti mondiali).

Nel corso degli anni '50, per effetto della forza che i sindacati avevano acquisito negli anni precedenti, con il termine “relazioni industriali” si descrivevano i servizi di gestione delle risorse umane in senso estensivo superando i confini aziendali e affermandosi come patrimonio dell'intero settore industriale.

Tuttavia, nei decenni successivi, si svilupparono nuove idee, in particolare in molte università americane, che promuovevano l'integrazione delle scienze sociali con quelle organizzative.

Per questa ragione, quindi, verso la metà degli anni '60 il concetto di “gestione delle risorse umane” è apparso, per la prima volta, nella letteratura specialistica ispirata da un lavoro del 1948 di *E. Wight Bakke* intitolato “*The Human Resources Function*”, in cui

⁷⁶ L'organizzazione scientifica del lavoro, F. Taylor, 1911

⁷⁷ Human relations or human resources?, Miles R., Harvard Business Review, July-August 1965

veniva definita “...la funzione relativa alla comprensione, al mantenimento, allo sviluppo, all’impiego efficace e all’integrazione del potenziale nella risorsa ‘persone’...”.

Negli anni ‘60 e ‘70 le HR si concentrarono soprattutto sulle operazioni riguardanti il personale, automatizzandole e mantenendo un solido sistema di registrazione dei dati: il concetto di gestione delle persone (*Human Resources Management, HRM*) diventò più sofisticato riferendosi ad un insieme di azioni relative alla gestione delle persone e del loro lavoro all’interno di un’organizzazione: dalle assunzioni alle retribuzioni, dalla formazione alla valutazione, alla gestione dei rapporti sindacali.

Nel corso degli anni ‘80, le risorse umane assunsero un nuovo significato essendo considerate come una “organizzazione di servizio”, che significava centri di competenza che coordinavano le pratiche essenziali dei talenti presenti nell’azienda o che dovevano essere acquisiti.

Per tale motivo le esigenze di ciascun singolo dipendente furono gestite sempre più dai “centri di servizio” e i “partner delle risorse umane” iniziarono ad essere sempre più integrati con le operazioni aziendali.

Nel corso degli anni ‘90 e nei primi anni 2000, le risorse umane sono state completamente riconfigurate al fine di sviluppare una gestione integrata dei talenti.

Questo cambiamento fu spesso accompagnato dall’introduzione di nuovi sistemi per il reclutamento, l’apprendimento, la gestione delle prestazioni e la compensazione salariale⁷⁸.

Attualmente, infine, le aziende stanno sempre più assumendo giovani abili nell’ambito digitale con un’esperienza nel settore ed integrata sul posto di lavoro, scegliendo il migliore del mercato e gestendolo correttamente attraverso una nuova forma di welfare 4.0 sviluppata con l’obiettivo di incrementare il coinvolgimento del lavoratore nel core business aziendale.

⁷⁸ Talent acquisition: Enter the cognitive recruiter,. Global Human Capital Trends 2017: Rewriting the rules for the digital age,. M. Stephan, D. Brown, & R. Erickson,. Deloitte University 2017

4.2.1 Nuove regole per la digitalizzazione HR

Il “*Digital Workforce Report 2019*” di Fluida⁷⁹, una piattaforma cloud di *Employee Relationship Management*⁸⁰, ha esaminato (tra il dicembre 2018 ed il marzo 2019) i comportamenti di oltre 150 aziende italiane con dimensione fino a cinquemila dipendenti, intervistando gli imprenditori, i manager ed i responsabili HR.

La maggior parte dei risultati contenuti nel report, e riportati nelle figure seguenti, evidenziano, secondo A. Barucco⁸¹ (Ceo e cofounder di Fluida), un quadro abbastanza problematico per quanto riguarda la digitalizzazione dei processi di gestione del personale:

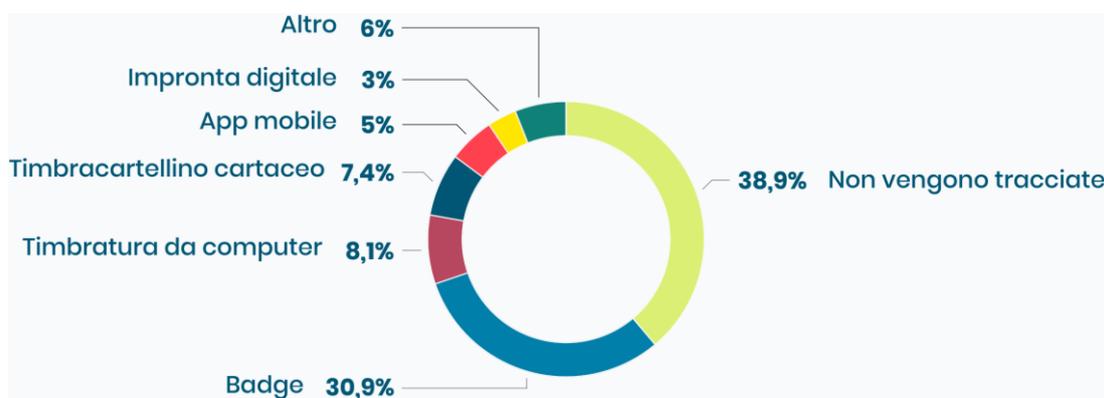


Figura 37: Sistemi di rilevazione delle presenze, *Digital Workforce Report - Italia 2019*

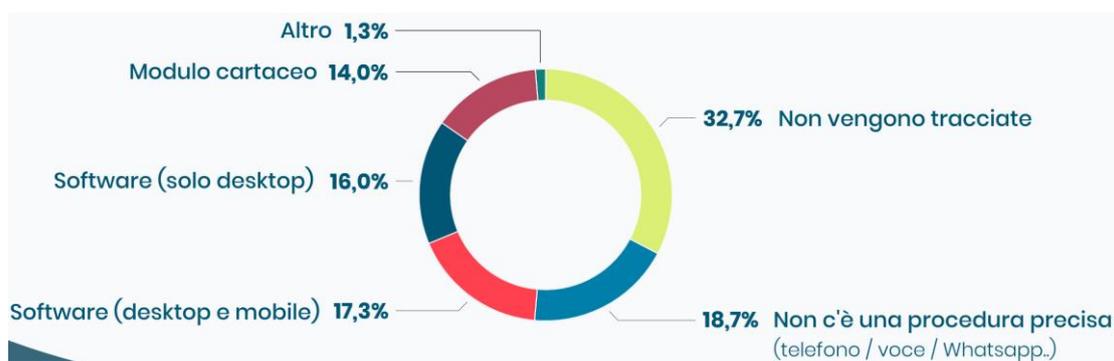


Figura 38: Sistemi di rilascio permessi e ferie, *Digital Workforce Report - Italia 2019*

⁷⁹

https://i2.res.24o.it/pdf2010/Editrice/ILSOLE24ORE/ILSOLE24ORE/Online/_Oggetti_Embedded/Documenti/2019/05/08/Fluida%20Digital%20Workforce%20Report%202019-05.pdf

⁸⁰

<https://www.fluida.io/blog/digital-workforce-report-2019/>

⁸¹

Sole 24 ore., A. BARUCCO., 2019

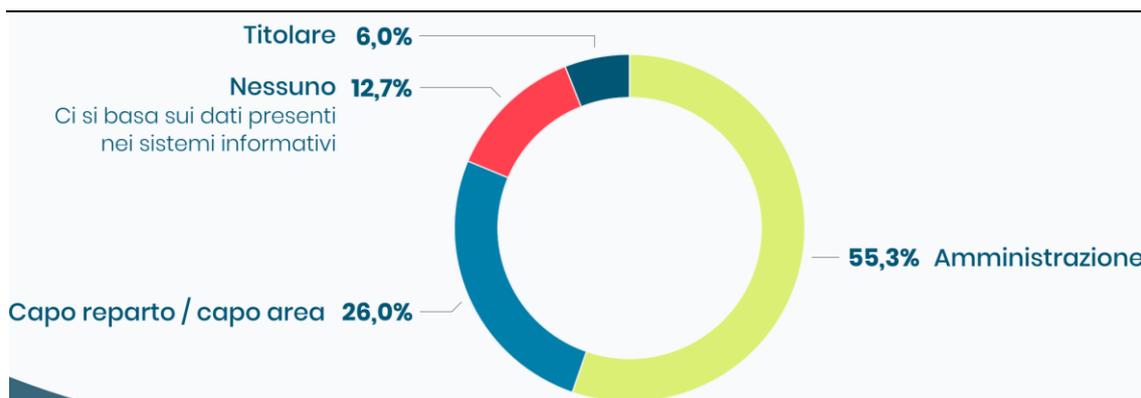


Figura 39: Rendicontazione mensile presenze/assenze, Digital Workforce Report - Italia 2019

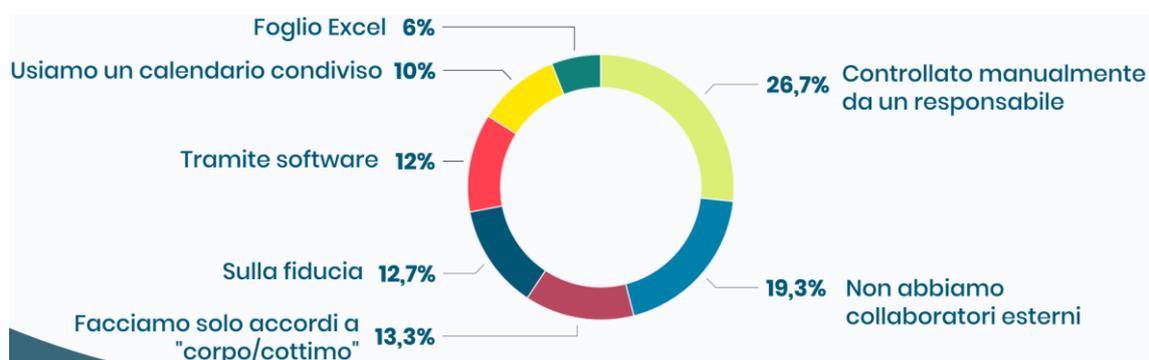


Figura 40: Sistemi di monitoraggio lavoratori/collaboratori esterni, Digital Workforce Report - Italia 2019

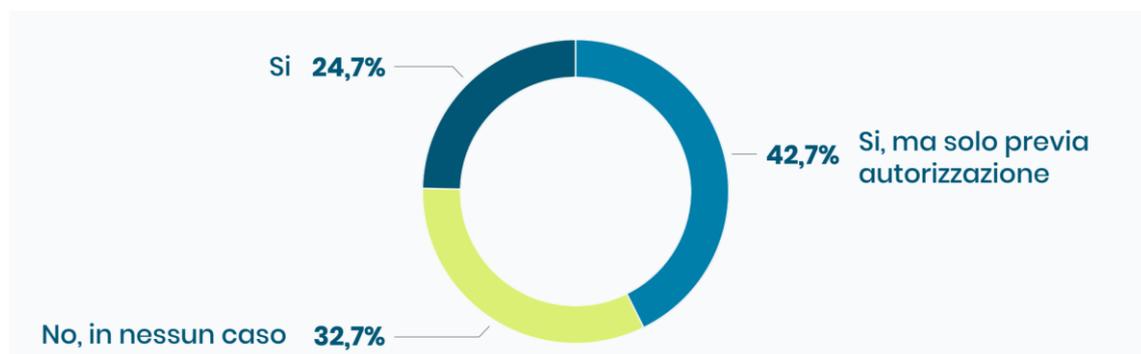


Figura 41: Diffusione del telelavoro, Digital Workforce Report - Italia 2019



Figura 42: Sistemi di monitoraggio in tempo reale del lavoro, Digital Workforce Report - Italia 2019

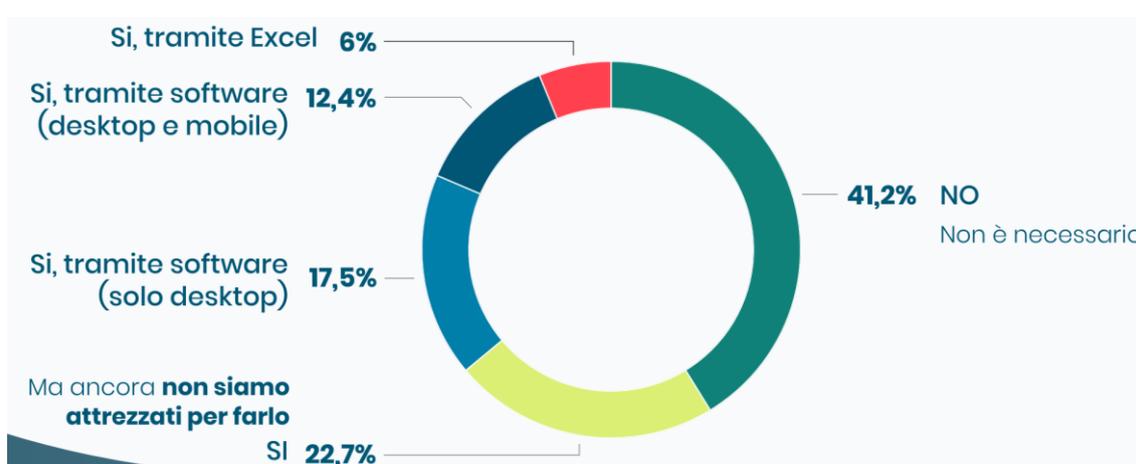


Figura 43: Rendicontazione attività dipendenti, Digital Workforce Report - Italia 2019

Una strategia efficace al fine di risolvere il problema della gestione del personale si deve basare sulla evoluzione digitale dell'intero processo “...Perché così facendo - ha spiegato A. Barucco - si raccolgono dati preziosi sulla forza lavoro in modo da essere integrare ad altri strumenti, dai software di elaborazione paghe a piattaforme di analytics fino a sistemi che incentivano la meritocrazia, snellendo allo stesso tempo la burocrazia ...”⁸².

I sei pilastri dell'evoluzione digitale sono⁸³:

- Automazione;
- Informatizzazione;
- Dematerializzazione;
- Virtualizzazione (le risorse fisiche si trasformano in risorse digitali);

⁸² HR e trasformazione digitale, in Italia avanti piano., G. RUSCONI., 2019, https://www.ilsole24ore.com/art/hr-e-trasformazione-digitale-italia-avanti-piano-AC90GD?refresh_ce=1

⁸³ Cos'è la digital transformation e i suoi 6 pilastri <https://www.startupbusiness.it/cose-la-digital-transformation-e-i-suoi-6-pilastri/89908/>

-
- Cloudizzazione (anche le risorse hardware si trasformano in risorse in rete);
 - App mobile (ovvero coinvolgimento totale del lavoratore).

Le HR, sempre più, sono spinte a ridisegnare il sistema di gestione dei “talenti”: dal reclutamento, alla leadership ed alla gestione delle prestazioni, attraverso la sperimentazione di strumenti digitali per costruire un’esperienza interessante per i dipendenti anche attraverso la riprogettazione dell’organizzazione aziendale nel suo insieme.

Le HR devono utilizzare strumenti “costruiti” in base ai processi aziendali tenendo conto delle esigenze dei dipendenti presenti in tutti i segmenti: lavoratori orari, dipendenti stipendiati, dirigenti.

Royal Bank of Canada, Deutsche Telekom, Ford e altri, hanno ora team di progettazione digitale all’interno del dipartimento HR.

Ciò significa utilizzare il cloud come “piattaforma” e basarsi su di esso per esigenze specifiche dell’azienda. Il mercato dei distributori si sta reinventando: sta arrivando sul mercato una nuova generazione di prodotti e soluzioni per le risorse umane, molte basate su app mobili, intelligenza artificiale ed esperienze di consumo.

IBM ha iniziato a utilizzare gli strumenti di intelligenza artificiale per dare ai leader impulsi regolari su come sono i loro team, aiutandoli a vedere modelli che possono ostacolare le prestazioni o la fidelizzazione e spingendoli ad affrontarli in modo proattivo. Il ruolo dell’IA, dell’elaborazione cognitiva, dell’analisi integrata e della tecnologia mobile sta cambiando il modo in cui funzionano i programmi delle persone.

Di seguito si elencano alcuni esempi di strumenti messi a punto per avviare l’introduzione dell’IA all’interno delle aziende:

- I chatbot *Wade* e *Wendy* basati sull’IA sono utilizzati nel reclutamento e nella pianificazione della carriera⁸⁴. *Wade* presenta opportunità di carriera per i dipendenti e li aiuta a comprendere le strategie organizzative. *Wendy*, attraverso il dialogo, aiuta i candidati a comprendere la cultura dell’azienda, le opportunità di lavoro presenti in essa e il processo di assunzione;

⁸⁴ Wade and Wendy, J. Lorenz, 2017 - <https://openfuture.ai/it/tool/wade-and-wendy>

- Il chatbot *First Job Mya*⁸⁵ è in grado di eliminare⁸⁶ fino al 75% delle domande poste dalle persone durante il processo di reclutamento⁸⁷;
- *OpenNN*⁸⁸ è una suite open source di tool basati sul machine learning capaci di risolvere problemi di marketing, salute, energia e tanti altri.;
- *WebHR*⁸⁹ è il software AI perfetto per chi vuole automatizzare e migliorare tutti i processi legati alle risorse umane (HR).

4.2.2 *La digitalizzazione e le nuove sfide nella gestione del personale con l'IA*⁹⁰

Sul Corriere della Sera, sezione Innovazione, nel giugno del 2022 apparve un articolo⁹¹ nel quale si confrontava la conclusione di un colloquio di lavoro, che fino a quel tempo, si basava, nella maggior parte dei casi, sulla formula “...*Grazie per avere partecipato al colloquio, le faremo sapere...*” espressa da un addetto alla selezione del personale e che, già si prevedeva, in un prossimo futuro sarebbero state pronunciate da un robot.

Già due anni or sono erano evidenti i segnali che annunciavano un rapido e inarrestabile cambiamento delle procedure di recruitment; a rilevarlo era *HrExecutive*⁹², uno tra i maggiori portali di risorse umane degli USA che aveva reso noto i risultati di un sondaggio: “...*fra 225 manager americani esperti in ricerca del personale emerge che il 60% delle grandi compagnie americane utilizza già sistemi evoluti di AI (Artificial Intelligence) per gestire le risorse umane. La percentuale è prevista crescere all'82% entro il 2026. Il network Globe Newswire di Los Angeles stima in 4 miliardi di dollari il business generato quest'anno dalle applicazioni d'intelligenza artificiale per il settore della gestione del personale nelle aziende. Questa cifra è stimata aumentare del 35% nei prossimi cinque anni, fino a toccare 17 miliardi di dollari*”.

Oltre ai suddetti dati forniti, il giornalista citava anche il contributo di Ernesto Di Iorio Amministratore Delegato di *QuestIT*⁹³, azienda specializzata nello sviluppo di tecnologie IA “...*I reclutatori digitali - spiega - agevolano già oggi il lavoro dei direttori del*

⁸⁵ <https://www.pcprofessionale.it/news/mya-lintelligenza-artificiale-colloqui-lavoro/>

⁸⁶ <https://www.wired.it/economia/lavoro/2016/07/19/mya-chatbot/>

⁸⁷ Chatbots increase recruitment opportunities., BI INTELLIGENCE, BUSINESS INSIDER, 2016. Recruitment chatbot My automates 75% of hiring process., Khari Johnson, 2016

⁸⁸ <https://www.opennn.net/>

⁸⁹ <https://web.hr/>

⁹⁰ L'Intelligenza Artificiale nella selezione del personale, Lavori Diritti Europa-Rivista Diritto del Lavoro, M. Capponi, 1/2024, <https://www.lavorodirittieuropa.it/images/CAPPONI234.pdf>

⁹¹ “Algoritmi Emotivi, Assunto, lo dice il robot” – Corriere della Sera - 29.6.22, U. Torelli

⁹² <https://hrexecutive.com/>

⁹³ <https://www.quest-it.com/>

personale, che possono beneficiare di algoritmi per semplificare e accelerare i processi di ricerca dei collaboratori...”; questi software, basati sull’IA e avatar vocali capaci di colloquiare con i candidati, erano già all’epoca in grado di esaminare ogni giorno migliaia di curriculum e di gestirli tramite database.

Tali software erano capaci di analizzare le risposte verbali e visuali dei candidati classificandole rispetto alle posizioni cercate in modo da individuare il personale qualificato da inserire in azienda; tali strumenti, com’è noto, presentano moltissimi vantaggi e aiuta le HR a raggiungere risultati ottimali senza sostituirsi a loro e risultano particolarmente utili nel reclutamento dei candidati passivi qualificati, ossia coloro che non ricercano un nuovo impiego in quanto già occupati ed il cui numero è esponenzialmente più grande dei candidati che, invece, cercano attivamente un impiego. L’utilizzazione dell’IA consente di restringere, in pochi secondi, il numero di candidati aggiungendo valore ed efficienza significativi alla selezione e reclutamento del personale.

4.2.2.1 Cambiamenti nella selezione del personale e nella conduzione di un colloquio nell’era dell’IA

Il caso più famoso in cui si è avuta la cooperazione tra recruiter e industria 4.0 è certamente quello del robot *Vera*, realizzato nel 2018 da *Strafory*, una start-up russa che raggiunse la celebrità quando un colosso come IKEA decise di incaricarla per la selezione del personale.

Vera è un robot che implementa un programma di IA e, in associazione ad altri algoritmi predittivi e con un timbro di voce che può essere sia maschile che femminile, permette a IKEA di tracciare profilature psico-sociali di candidati ad un posto di lavoro/funzione aziendale.

Naturalmente, alla base dell’IA di *Vera* è presente l’opera di esseri umani: *Vera* è dotata di 13 miliardi di esempi di sintassi, espressioni, parole ed elenchi di diverse attività e professioni in modo tale che possa parlare nella maniera più naturale possibile e, per rendere più verosimile l’interazione, le si sta insegnando a riconoscere le emozioni quali disappunto, piacere e rabbia.

Per adesso l'IA per il recruitment aiuta il personale delle risorse umane, ma secondo A. Kostarev⁹⁴ (padre del progetto Vera) ben presto sarà in grado di decidere in autonomia chi assumere anche se, tale opinione, non è condivisa da tutti gli addetti ai lavori che ritengono che la decisione finale di assumere una nuova risorsa sarà sempre una responsabilità dell'essere umano.

Vera, almeno in una prima fase esplorativa, individua candidati idonei per una specifica offerta di lavoro attraverso l'analisi di migliaia di curricula che IKEA riceve annualmente e, subito dopo, si procede con l'esecuzione di circa 1.500 colloqui al giorno che possono avvenire telefonicamente, o attraverso una videochiamata della durata media di circa 8 minuti; in tale intervallo l'IA chiede agli intervistati: una sintesi dei loro studi, l'auto-descrizione con una parola, le proprie precedenti posizioni lavorative.

Superata questa che costituisce solo la prima fase, i potenziali candidati saranno ricontattati e valutati da esseri umani esperti in ambito HR perché, come affermato da uno dei padri del progetto, A. Kostarev: “...*Gli esseri umani rimangono i migliori valutatori, ma Vera può aiutare molto il loro lavoro abbattendo i tempi di selezione soprattutto nella fase iniziale...*”.

Invece Randstad Italia⁹⁵ ha adottato un motore di ricerca (capace di valutare fino a 29.000 curriculum al giorno) basato su software di gestione del recruiting che si occupa di controllare il percorso delle candidature, dal momento della pubblicazione degli annunci alla selezione dei profili: è intenzione della azienda, spiega D. Spatari, direttore Ict di Randstad Italia “...*di introdurre nuove funzioni chatbot per condurre colloqui più ampi, con strumenti di valutazione per condividere dati tra colleghi ad esempio le referenze incrociate...*”.

Durante il colloquio i contenuti delle risposte diventano essenziali per la valutazione dei candidati ma sono altrettanto importanti, sono le modalità con cui queste risposte vengono fornite nonché lo stato emotivo, il livello di ansia, di stress e di attenzione nonché la velocità e la sicurezza dimostrata dal candidato nelle risposte.

In questo caso, quindi, Randstad Italia considera come decisivi gli aspetti non verbali della comunicazione nella selezione di figure idonee.

⁹⁴ “Ikea, colloqui lavoro con robot Vera. E offerte lavoro aggiornate tante aziende tutta Italia. Pure no esperienza” https://www.businessonline.it/economia-finanza/ikea-colloqui-di-lavoro-con-il-robot-vera_n58814.html, Mannini, 2018

⁹⁵ <https://www.randstad.it/>

Molte società, inoltre, si spingono ancora oltre, poiché demandano agli automatismi anche il primo contatto con il candidato; a tale scopo sono utilizzati chatbot (software costruito per la conversazione con un essere umano) o scambi di email in modo da organizzare un incontro diretto con il selezionatore, annullando completamente l'intervento umano fino al colloquio vero e proprio.

Tra le modalità di reclutamento del personale vi è anche il *video recruitment*, utilizzato da numerose aziende tra le quali si possono citare: *Blablacar, Leroy Merlin, Crédit Agricole, Sephora, Cartier*.

Attraverso il *video recruitment* le aziende chiedono l'invio di una breve clip (colloquio in versione video) nel quale i candidati registrano il video delle proprie risposte ad alcune domande e, dopo questo primo screening, se il candidato suscita il dovuto interesse, allora chiedono la disponibilità per un colloquio con i responsabili interni.

Tale metodo presenta vantaggi per le aziende che così possono stabilire rapidamente chi è il candidato più adatto e per i lavoratori che possono prepararsi adeguatamente alle domande a cui rispondere senza spostarsi da casa.

Poiché i suddetti strumenti (sempre più basati sull'IA) consentono di ottenere indubbi benefici economici tangibili è prevedibile che gli investimenti nel settore del reclutamento automatizzato tenderanno a crescere entro il 2030.

Per meglio comprendere l'impiego dell'IA nel reclutamento del personale è utile riferirsi a ciò che succede nelle grandi multinazionali americana come la Unilever che, proprio per la sua dimensione, ha la continua necessità di personale qualificato con una quota preponderante di “*millennials*”.

Sfruttando l'IA nel recruiting, Unilever sostiene di avere risparmiato circa 50.000 ore in interviste Unilever utilizzando⁹⁶, fondamentalmente, due tecnologie: *HireVue* e *Pymetrics*.

*HireVue*⁹⁷, per fare un primo screening, sfrutta l'analisi di brevi video prodotti dai candidati mentre rispondono ad una decina di domande con chiari vantaggi per il candidato che può registrare quando vuole, e per il recruiter che può leggere il report finale sintetico dell'analisi condotta sul video.

⁹⁶ <https://www.graduatesfirst.com/unilever-assessment-tests>, 2024

⁹⁷ <https://www.hirevue.com/>, 2024

L'algoritmo alla base di *HireVue* si basa su circa 25.000 features (caratteristiche) messe in relazione tra di esse in maniera complessa, e consentono di giudicare i candidati sulla base di numerose componenti costituite da: il contatto visivo, il sorriso, l'entusiasmo dimostrato, le sfumature della voce, l'abbigliamento, le espressioni facciali e del corpo. *Pymetrics*⁹⁸, invece, è una piattaforma che si basa sul gioco e consente di quantificare: l'attitudine, la formulazione del pensiero logico-razionale, i tratti comportamentali e sociali, il livello di motivazione a vincere e ad ottenere successi, la predisposizione al rischio e, infine, le strategie con cui i candidati affrontano problemi e individuano soluzioni.

I test basati sul gioco presentano il duplice vantaggio di risultare più avvincente per i partecipanti rispetto ad un classico test basato solo su domande ma, al contempo, più "sincero" in quanto fa emergere le relazioni ed i comportamenti più autenticamente personali attraverso la riduzione dello stress.

Invece la tecnologia adottata da *DeepSense*⁹⁹, una società che ha sede a San Francisco e New Delhi, utilizza l'IA per valutare la personalità dei candidati in base al loro CV, con riferimento al modello *Ocean*¹⁰⁰, utilizzato da oltre 20 anni nel marketing per capire la scelta comportamentale dei consumatori attraverso la valutazione di tutto ciò che risulta sui suoi profili social considerando 5 variabili: apertura mentale, coscienziosità, estroversione, amabilità e nevroticità.

A questo punto sorgono una serie di riflessioni legate all'opportunità o meno di imparare a "giocare" con questi strumenti o non sembra riduttivo ritenere che il vero valore di un candidato debba essere collegato alla sua bravura nei giochi online o alla sua capacità di modulare il tono di voce o le espressioni facciali? In questo scenario, quindi, emerge il sospetto che questo potrebbe essere pericoloso se questi strumenti siano utilizzati da persone non proprio preparati al loro uso.

4.2.2.2 Vantaggi alla base dell'uso dell'IA nella selezione del personale

L'IA e il machine learning utilizzati nella selezione del personale consentono il raggiungimento di due importanti obiettivi:

⁹⁸ <https://www.pymetrics.ai/>, 2024

⁹⁹ <https://deepsense.ai/>, 2024

¹⁰⁰ *Capire l'uso dei Big Data: il metodo OCEAN di Cambridge Analytica*, <https://retinacromatica.it/capire-l-uso-dei-big-data-cambridge-analytica/>, 2024

-
- tali strumenti rendono più efficiente la ricerca di nuovo personale poiché le imprese, sempre più, richiedono figure a specializzazione crescente che, con i metodi classici, sono difficili da trovare poiché non permettono l'analisi delle grandi quantità di dati presenti nelle banche dati;
 - consentono di gestire in maniera più efficiente tutto il processo di selezione del personale riducendo i tempi di analisi preliminare consentendo di concentrare l'attenzione dei recruiter sui candidati che realmente corrispondono al tipo di ricerca effettuato;
 - i software e gli algoritmi sono:
 - *instancabili: poiché svolgono ripetutamente operazioni sempre uguali, senza perdere concentrazione, in maniera affidabile, rapida e "obbediente";*
 - *scalabili ed economici: poiché il loro costo diventa marginale rispetto ai benefici;*
 - *adattabili: se si modifica il sistema, l'IA può svolgere dei compiti diversi purché vi sia una quantità sufficiente di dati storici per addestrarla.*
 - gli algoritmi di Machine learning possono essere utilizzati per scrivere e/o valutare gli annunci di lavoro tramite termini e locuzioni capaci di massimizzare il numero di soggetti interessati a presentare la propria candidatura;
 - l'IA, previa opportuna fase di addestramento, può anche selezionare gli strumenti di pubblicazione più adatte incrociando le caratteristiche dell'annuncio e il numero storico delle risposte raccolte nel corso del tempo.
 - l'IA presenta l'innegabile grande vantaggio è costituito dal fatto che prende decisioni basandosi solo su dati disponibili, non ha opinioni, non ha emozioni.

4.2.2.3 *La automatizzazione è esente da rischi?*

L'uso di sistemi automatici non è esente da rischi che sono collegati, soprattutto, alla parzialità dei dati utilizzati nel processo di apprendimento automatico che induce l'algoritmo ad assunzioni errate inducendo la c.d. "distorsione da macchina".

La parzialità dei dati somministrati nella fase di apprendimento può essere causata dall'intervento umano e/o a causa della mancanza di valutazione cognitiva dei dati e/o dalla modalità in cui vengono forniti i dati.

Se, ad es., i dati provengono da un sondaggio pubblicato su una rivista, è chiaro che le risposte (dati) provengono da un campione “distorto” e limitato formato solo dai lettori della rivista.

Un altro aspetto da considerare per comprendere la possibilità che l’IA possa comportare dei rischi è collegato alla capacità di questi sistemi di eliminare il pregiudizio umano; esperti del settore¹⁰¹ ritengono che esistono i seguenti rischi:

- Il primo consiste nella possibilità di assimilazione, nell’IA, dei preconcetti umani perché gli algoritmi apprendono dagli esempi da essa considerati e, in presenza di esempi polarizzati, non possono che replicarli anche nei processi di selezione del personale;
- Il secondo consiste nell’assenza di flessibilità: il software potrebbe escludere persone interessanti in possesso di un profilo leggermente diverso da quello stabilito per una determinata posizione. In questo caso la mancanza di sensibilità potrebbe non cogliere le opportunità offerte dalla possibile assunzione di tali soggetti.

A questo proposito, è utile ricordare come nella selezione del personale è indispensabile utilizzare strumenti diversi in affiancamento ai test psicoattitudinali in quanto i test sono utili per delineare un primo quadro conoscitivo del candidato ma, essendo strumenti impersonali, possono generare un profilo incompleto della persona.

Come sopra accennato, altro problema è costituito dai pregiudizi (bias) che possono essere riprodotti nelle tecnologie che selezionano il personale e, conseguentemente, possono essere ottenuti risultati potenzialmente discriminatori.

Se, ad es., un software HR basato sull’IA è stato addestrato su un database alimentato con dati non recenti riferite ad assunzioni pregresse lontane nel tempo, si crea il terreno perfetto per algoritmi interessati da bias: un esempio è costituito da un database contenente la descrizione di posizioni lavorative occupate, in precedenza, da uomini europei, si può rischiare che l’algoritmo di recruiting escluda, arbitrariamente, la maggior parte delle donne e di altra provenienza continentale.

Un esempio noto in letteratura si è verificato nel 2018 in Amazon; uno scoop giornalistico rivelò, infatti, che il sistema di machine learning utilizzato nella selezione di personale tendeva a preferire l’assunzione degli uomini poiché i tecnici che aveva addestrato il

¹⁰¹ “Intelligenza Artificiale e linguaggio : limiti, potenzialità e rischi di ChatGPT”, G. Pasi, 09/2023, docente di Informatica all’Università di Milano-Bicocca ed esperta dell’elaborazione del linguaggio naturale - <https://www.laviadelle scienze.org/pasi-cisotto/>

software avevano utilizzato circa 50 mila termini (nella maggior parte maschili) che comparivano nei curriculum di candidati sottoposti a selezione nei 10 anni precedenti e che erano, nella maggior parte, di sesso maschile; di conseguenza, nella selezione del personale venivano svantaggiate le donne.

Una delle sfide poste all'essere umano è costituita dalla necessità di superare i pregiudizi, anche quelli inconsci; per tale motivo i selezionatori che lavorano in start-up che si occupano di ricerca del personale tramite IA si pongono l'obiettivo di eliminare i preconcetti nell'intero processo di selezione nel mondo del lavoro.

Questo proposito, però, è ben più complesso di quel che potrebbe sembrare perché, in altri casi, alcuni sistemi di IA non solo non hanno eliminato i pregiudizi umani ma, addirittura, li hanno esasperati.

Uno degli esempi più noti in letteratura è costituito da Tay¹⁰² un chatbot (ormai non più operativo) messo a punto a suo tempo da Microsoft e che avrebbe avuto il compito di colloquiare con i giovani millenium americani.

Il sistema di addestramento, per effetto dell'ingenuità con cui trattava le risposte provenienti dalle interazioni in rete, però ha fatto scontrare Tay con la dura realtà in quanto ha considerato validi punti di vista razzisti e xenofobi presenti nei messaggi e commenti di Twitter, che costituivano la banca dati utilizzata per allenare il chatbot.

Anche se è chiaro che l'IA non può sostituirsi completamente a quella umana, gli esperti della materia sanno bene che ciò non costituisce un necessario obiettivo.

Le due intelligenze sono, infatti, profondamente differenti: l'AI è in grado di gestire egregiamente le regolarità approssimate dai modelli statistici mentre il cervello umano è insostituibile nei casi in cui si presentano eccezioni e/o imprevisti.

L'estrema efficacia dell'IA non esclude che la sua utilizzazione, in alcuni ambiti, possa avere conseguenze indesiderate soprattutto se i dati utilizzati per l'addestramento non sono esenti da elementi indesiderati (pregiudizi, messaggi xenofobi e/o razzisti, non neutralità di genere, ecc.) o i parametri utilizzati per assegnare un punteggio (più o meno elevato) ai candidati sono fuorvianti.

Alcune AI, per esempio, si basano sulla voce per stimare il livello di affidabilità della persona in esame; ciò potrebbe introdurre elementi di discriminazione in quanto potrebbe

¹⁰² Tay è il "chat bot" realizzato da Microsoft -anno 2016 è l'acronimo di "Thinking About You" cioè "Pensando a Te" Si trattava di un bot per le chat nascosto dietro l'avatar di un diciannovenne.

favorire specifici accenti o particolari toni di voce non correlabili, a priori, alle caratteristiche caratteriali e/o professionali del candidato: ciò potrebbe condurre a risultati eticamente inaccettabili.

Un altro aspetto da considerare riguarda l'importanza delle parole utilizzate nelle risposte fornite dal candidato che potrebbero far assumere significati diversi a seguito delle stesse domande. Se si chiede, infatti: "Sei un tipo preciso?" si potrebbe rispondere diversamente:

- sì in quanto meticoloso;
- sì in quanto puntuale;
- sì in quanto ordinato;

Il robot dovrebbe essere consapevole della soggettività del concetto di "precisione" e, in questo caso, come un recruiter umano, sarebbe in grado di decidere di riformulare la frase/domanda se ha il sospetto che l'intervistato non ha ben compreso la richiesta?

Per risolvere il problema, dopo aver effettuato il test, si potrebbe interarlo con altre tecniche basate, per esempio, su un colloquio individuale o di gruppo in modo da evidenziare le attitudini del singolo.

È necessario, quindi, non sottovalutare i pericoli dovuti all'utilizzo esclusivo dell'IA senza la supervisione umana poiché essa potrebbe ignorare alcune caratteristiche nascoste trascurando candidati qualificati ma giudicati in possesso di curriculum "poco brillanti".

È chiaro che l'IA può essere utilizzata senza problemi per gestire la programmazione delle interviste a cui sottoporre i candidati o per selezionare velocemente i curricula, ad esempio partendo da alcune parole chiave riducendo il tempo impiegato dai recruiter per lo svolgimento di alcuni compiti noiosi e che richiedono tanto tempo.

4.2.2.4 Rapporto tra trasformazione del recruiting e privacy/diritti dei dipendenti

Il processo di selezione automatizzato deve essere concepito in modo da tutelare i diritti dei candidati e la loro privacy prendendo provvedimenti per correggere possibili errori e/o discriminazioni indotte dagli algoritmi.

L'utilizzazione dei dati provenienti dai social media e dalle piattaforme online può essere di notevole utilità ai fini dell'addestramento dei sistemi di IA ma si può incorrere nel pericolo di considerare informazioni private e sensibili che, con ogni probabilità, i candidati non sarebbero d'accordo nel caso di una loro utilizzazione.

Negli ultimi anni si sta verificando l'espansione inarrestabile dell'uso dei big data e, parallelamente, si sta sviluppando il rischio di un loro uso improprio, che va oltre gli scopi per i quali sono raccolti.

Informazioni georeferenziate ed elementi multimediali, ad es., possono essere incrociati al fine da delineare un quadro particolarmente accurato delle convinzioni religiose e politiche di un soggetto, così come della sua situazione familiare e delle sue abitudini private.

La regolamentazione per la salvaguardia della privacy e dei dati personali è differente tra quanto previsto dall'Unione Europea, che ha recentemente creato un testo unico per regolamentazione nel settore dell'IA¹⁰³, e gli Stati Uniti, nei quali operano le più grandi aziende che fanno incetta di dati personali, hanno un approccio eterogeneo, che cambia da stato a stato: tali differenti approcci rendono sempre più difficile conoscere quali dati vengono raccolti, a che condizioni, e per quali scopi verranno utilizzati.

Nel campo del recruiting, alcuni stati USA hanno iniziato ad approvare delle leggi per limitare l'uso dei Big data nella fase di selezione dei candidati e, conseguentemente, alle grandi società si pone un dilemma se utilizzare le nuove tecnologie per minimizzare i costi nella scelta e l'assunzione di nuove risorse ma, contemporaneamente, rischiare di utilizzare (in alcuni casi illegalmente) informazioni private.

Altra problematica riguarda la necessità di tutelare le categorie protette stabilita da numerose leggi e normative sia in Europa che negli USA.

In alcuni casi, è stato dimostrato che le AI, basandosi sui dati raccolti on line, in fase di selezione tendevano a discriminare le categorie più deboli; per superare questo inconveniente, si stanno sviluppando nuovi approcci alla gestione dei dataset in modo da bilanciare i sistemi di valutazione: i dati utilizzati non devono contenere *bias* nei confronti delle categorie protette.

Trovare una soluzione etica al problema non è semplice: se, infatti, dal punto di vista economico non è possibile limitare lo sviluppo delle AI, dal punto di vista umano non è concepibile che uno strumento software possa decidere della vita e del futuro delle persone.

Per tale motivo è, quindi, fondamentale individuare chiari limiti in relazione alla raccolta ed all'utilizzo dei dati personali.

¹⁰³ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/it/policies/regulatory-framework-ai>

Trasparenza e responsabilità sono valori imprescindibili nel caso in cui si interagisca con le persone e, sebbene l'AI possa sembrare imparziale essendo messa a punto su dati oggettivi, devono essere ancora individuate soluzioni eticamente accettabili.

4.2.2.5 *La legislazione europea e la AI ACT (Artificial Intelligence Act proposal)*

Con il voto del 13 marzo 2024 del Parlamento Europeo (con un'approvazione quasi plebiscitaria: 523 voti a favore, 46 contrari e 49 astenuti), l'Unione Europea, per prima al mondo, si è dotata di un regolamento denominato AI Act¹⁰⁴ diventando apripista e pioniera nella tecnologia che oggi promette di cambiare per sempre la vita di tutti noi. L'AI Act è sicuramente il testo normativo sull'IA più avanzato al mondo e contiene una serie di tutele in relazione all'uso di sistemi di identificazione biometrica (*Rbi*) negli spazi aperti al pubblico ove essi potranno essere utilizzati solo a seguito di una specifica autorizzazione giudiziaria e per elenchi di reati rigorosamente definiti.

Saranno vietati, inoltre:

- i sistemi di classificazione biometrica basate su dati sensibili quali le convinzioni politiche, religiose e la razza;
- la raccolta indiscriminata di immagini del volto per creare database di riconoscimento facciale;
- l'individuazione delle emozioni sul posto di lavoro e nelle scuole;
- il social scoring;
- le tecniche manipolative;
- l'AI usata per sfruttare le vulnerabilità delle persone.

I cittadini europei, inoltre, potranno presentare reclami e avranno il diritto di ricevere spiegazioni sulle decisioni prese mediante sistemi di IA con impatto sui loro diritti.

L'AI Act è lo strumento giuridico dell'Ue che consolida la posizione del vecchio continente pioniera sulla regolamentazione tecnologica; altri governi (incluso quello degli USA) hanno appena iniziato a discutere della materia.

Nell'IA Act, inoltre, è utile evidenziare come i modelli di IA generativa, come ChatGPT di OpenAI e Bard di Google, Copilot di Microsoft ecc. (chatbot basate su IA e

¹⁰⁴ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/it/policies/regulatory-framework-ai>

apprendimento automatico) potranno operare solo a condizione che i loro risultati finali siano chiaramente etichettati come loro prodotti.

4.2.2.6 La selezione del personale avrà ancora necessità del contributo dei recruiters?

Sulla base di quanto precede, quindi, sorge la domanda se le procedure di selezione del personale, alla luce dell'IA Act, avrà ancora necessità del contributo dei *recruiters*.

Sicuramente, con il progredire delle capacità dell'IA, il settore della selezione del personale richiederà ai *recruiters* professionisti di essere preparati nell'uso di tali strumenti considerando gli indubbi vantaggi, conoscendo i possibili e adoperandosi per eliminarli in modo che il processo di selezione si possa svolgere senza discriminazioni.

Proprio per questo, già nel 2021, la Commissione Europea ha classificato “...occupazione, gestione dei lavoratori e accesso all'autoimpiego...” tra i “...sistemi di intelligenza artificiale che influiscono negativamente sulla sicurezza o sui diritti fondamentali...” e che essi “...dovranno essere registrati in un database dell'UE...”.

Un altro rischio connesso all'uso dell'IA nella selezione del personale è quello di credere che essa possa prescindere dal contributo umano a causa della necessità di considerare nelle valutazioni le sensazioni che possono scaturire nel corso di una relazione diretta tra due soggetti (candidato ed esaminatore).

L'IA Act, che stabilisce regole armonizzate al livello europeo sull'IA, ha definito come sistemi ad alto rischio i software per la selezione del personale “...in quanto possono avere un impatto significativo sul futuro delle persone in termini di carriera e sostentamento...”.

Delegare all'IA compiti e servizi in ambiti complessi, come per esempio quello della Giustizia e delle HR, richiederà il rispetto di valori etici condivisi facendo in modo che lo sviluppo digitale e tecnologico considerino: valori, governance (intesa come insieme di principi, regole e procedure che governano una società) e responsabilità.

4.3 Consistenza dell'offerta in Italia nel settore dell'IA

4.3.1 Quadro di settore

Al fine di definire un quadro aggiornato dello stato dell'arte in Italia relativo allo sviluppo delle applicazioni nel settore dell'IA, è stata condotta un'approfondita web desk analysis

è stato possibile individuare 17 aziende che, nel 2022, fatturavano complessivamente¹⁰⁵ circa 11,75 mld € (vedi Tabella 1 costruita con i dati di cui alle successive Tabella 2 - Tabella 18) e che, nel settore dell'IA, fatturano circa 1,22 mld € avendo escluso, cautelativamente¹⁰⁶, i fatturati di Leonardo ed Engineering che, nel loro complesso, fatturano 10,53 mld €.

Se si considerano le aziende italiane con fatturato annuale inferiore ai 100 mil. € (che risultano essere maggiormente specializzate nel settore dello sviluppo dell'IA, complessivamente pari a 12 unità), l'ammontare complessivamente fatturato supera i 203 mil € e l'azienda a maggiore quota di mercato (cfr. Figura 44) è la Spindox (con un fatturato di circa 73,9 mil €, pari al 36,35% del totale) che insieme ad Almwave (37,4 mil €, pari al 18,41%) ed a Jobrapido (32 mil. €, pari al 15,77%) assorbono circa il 70,5% del totale del mercato.

DIGITAL DEFENSE, AEROSPACE & HOMELAND SECURITY

Azienda	Fatturato	
	mil. €	%
Leonardo	9.600,00	81,69%
Engineering Ing. Inf.	927,80	7,89%
Reply	640,20	5,45%
eViso	225,00	1,91%
Exprivia	156,83	1,33%
Spindox	73,88	0,63%
Almwave	37,42	0,32%
Jobrapido	32,04	0,27%
Expert.ai	20,12	0,17%
Cyberoo	13,98	0,12%
Neosperience	12,15	0,10%
Vedrai	4,08	0,03%
Contents	3,48	0,03%
Datrix	2,06	0,02%
Questit	2,00	0,02%
Igenius	1,27	0,01%
Aiko	0,74	0,01%
Totale	11.752,05	100,00%

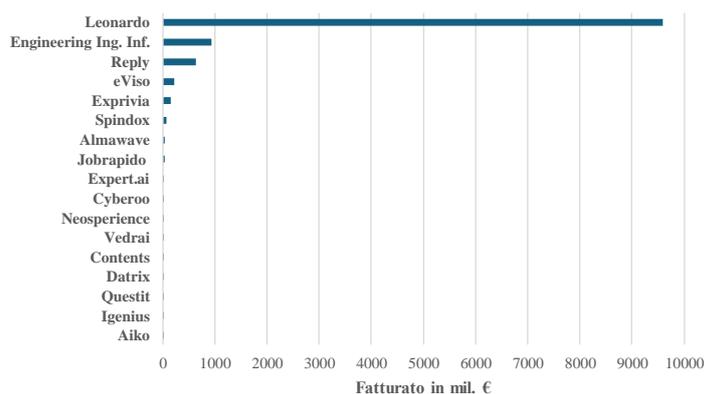


Tabella 1: Principali aziende italiane del settore dell'IA e composizione del loro fatturato (anno 2022), fonte: Ufficiocamerale 2024

¹⁰⁵ E' doveroso precisare che, in tale ammontare, sono comprese attività diverse dall'IA soprattutto nel caso delle aziende a maggiore fatturato quali Leonardo (che si occupa anche di sistemi tecnologici complessi) ed Engineering (che resta assistenza informatica alla Pubblica Amministrazione)

¹⁰⁶ Entrambe le società stanno sviluppando l'IA come attività secondarie all'interno dei loro core business che sono costituite:

- Nel caso di Leonardo, l'azienda si occupa di: elettronica, elicotteri, velivoli, cyber & sicurezza, spazio, sistemi uncrewed, aerostutture e automazione;
- Nel caso di Engineering, l'azienda si occupa di: augmented city, smart energy & utilities, smart transportation, digital media & communication, the world we work in, digital industry, digital finance, digital retail & fashion, smart agriculture, the world that looks after us, smart government, e-health.

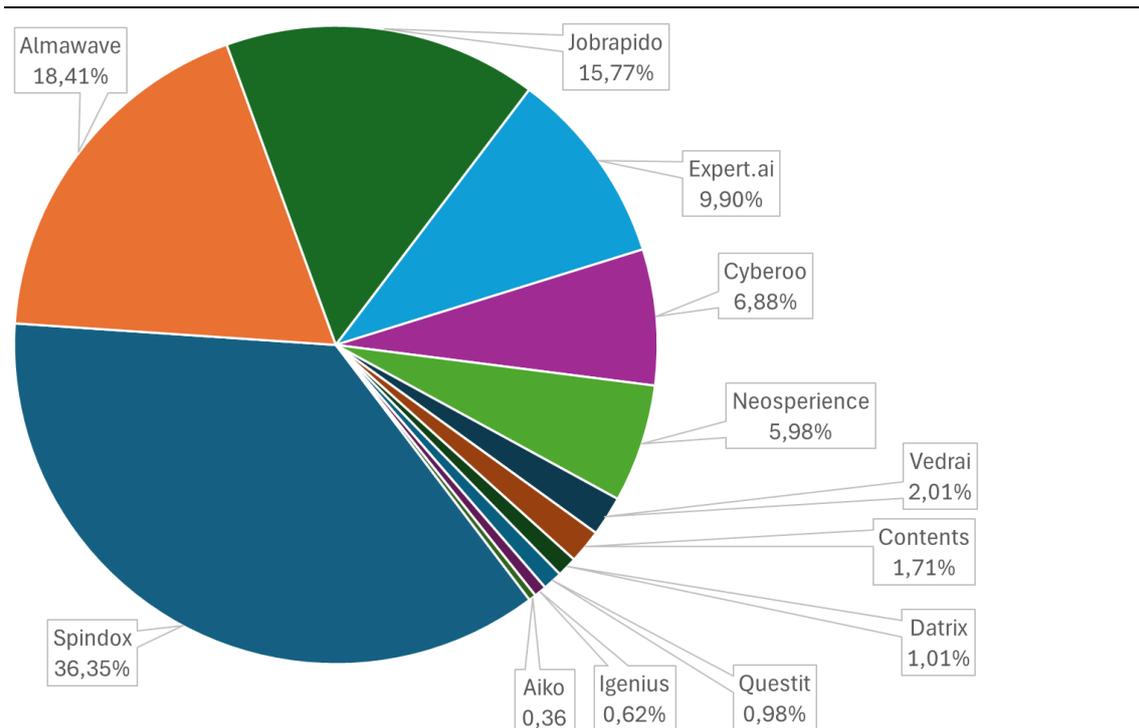


Figura 44: Ripartizione del fatturato complessivo delle aziende italiane attive nel settore dell'IA con ricavi annuali inferiori ai 100 mil €, Ufficiocamerale 2024

Dal punto di vista localizzativo, come si potrà rilevare dai dati contenuti nelle successive Tabella 2 - Tabella 18, le aziende (vedi Figura 45) si localizzano:

- In sei casi (Jobrapido, Datrix, Vedrai, Ingenius, Contents e Neosperience), in Lombardia con un fatturato complessivo di circa 92,5 mil € (pari allo 0,79% del totale);
- In tre casi (Aiko, Reply e eViso), in Piemonte con un fatturato complessivo di circa 865,94 mil € (pari al 7,37% del totale);
- In un caso (Expert.ai), in Trentino Alto Adige con un fatturato complessivo di 20,1 mil € (pari allo 0,17% del totale);
- In un caso (Cyberoo), in Emilia Romagna con un fatturato complessivo di 14,0 mil € (pari allo 0,12% del totale);
- In un caso (Questit), in Toscana con un fatturato complessivo di 2,0 mil € (pari allo 0,02% del totale);
- In quattro casi (Leonardo, Engineering, Almawave e Spindox), nel Lazio con un fatturato complessivo di 10.601,7 mil € (pari al 90,2% del totale);

- In un caso (Exprivia), in Puglia con un fatturato complessivo di 156,8 mil € (pari al 1,33% del totale).

Nella seguente Figura 46 è riportata la ripartizione percentuale dei fatturati per regione; nelle successive Tabella 2 - Tabella 18, invece, sono sintetizzate le principali informazioni aziendali desunte dai siti internet e dai dati dell'Ufficio Camerale.

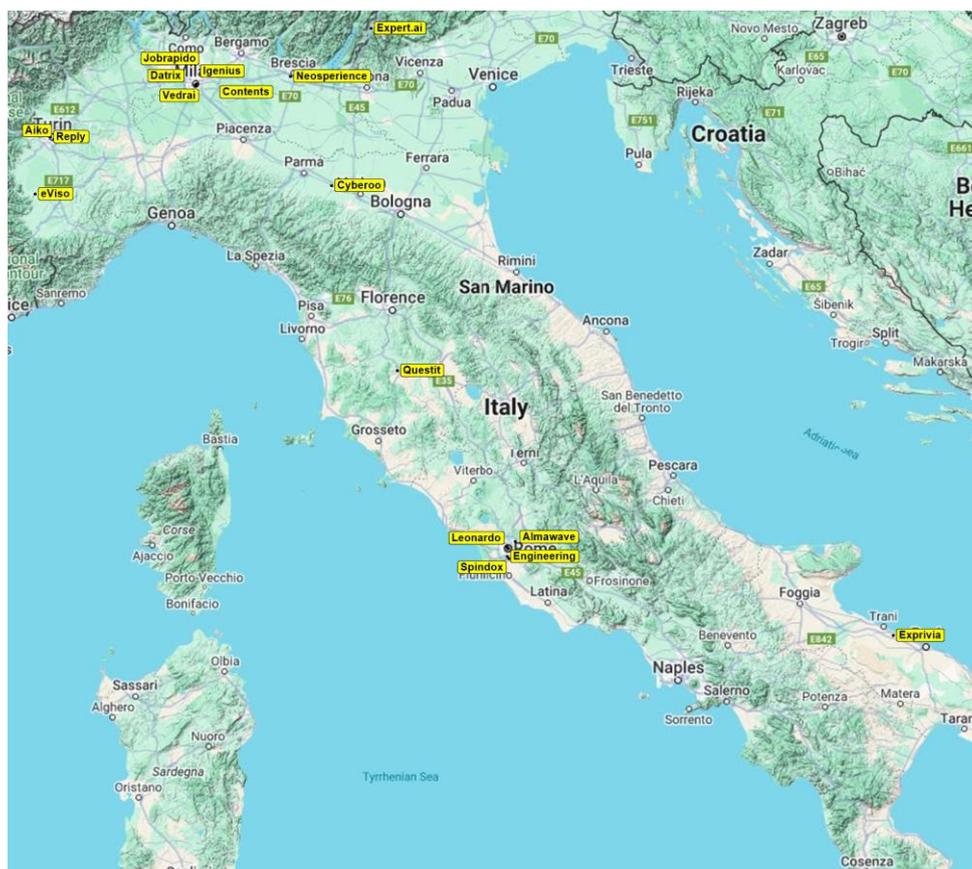


Figura 45: Localizzazione delle sedi delle aziende italiane attive nel settore dell'IA, Ufficiocamerale 2024

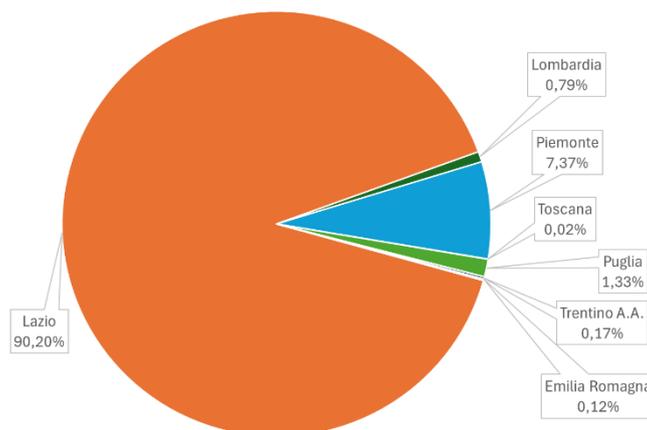


Figura 46: Ripartizione, per regione, dei fatturati delle aziende italiane attive nel settore dell'IA, Ufficiocamerale 2024

Nelle tabelle seguenti, oltre ai link di collegamento internet utili come pronto riferimento informativo, per ciascuna azienda sono sintetizzate le principali informazioni aziendali in relazione alle attività svolte, all'eventuale presenza di aziende controllate/partecipate, ai principali clienti serviti, alla localizzazione aziendale, i Paesi ove si opera ed il fatturato dell'anno 2023:

Azienda	Aiko
Di cosa di occupa	Sviluppa soluzioni di IA per l'automazione di missioni spaziali. Ha collaborato con l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) e la NASA.
Settori di interesse	L'IA al centro di un ecosistema di prodotti e servizi per l'automazione delle missioni e operazioni spaziali
Link	https://aikospace.com/
Aziende del gruppo	AIKOSPACE S.a.S - La Cité, 55 avenue Louis Breguet 31 400 Toulouse, France
Clienti	
Localizzazione	Via dei Mille 22, 10123, Torino
Nazioni	Italia e Francia
Fatturato (ultimo dato)	0,74 mln € https://www.ufficiocamerale.it/9329/aiko-srl

Tabella 2: Dati principali della società Aiko S.r.l.

Azienda	Almawave
Di cosa di occupa	E' un gruppo di società specializzate in soluzioni di analisi del linguaggio naturale e di intelligenza artificiale utilizzata per migliorare l'interazione con i clienti e l'automazione dei processi.
Settori di interesse	- Intelligenza Artificiale (IA) - Natural Language Processing (NLP) - Machine Learning - Conversational platform - Automatic speech recognition - Machine translation - Ontology based data management
Link	https://www.almawave.com/it/rd/ https://www.almawave.com/ https://www.almawave.com/it/vertical/central-government/ https://www.almawave.com/it/vertical/healthcare/ https://www.almawave.com/it/vertical/municipality/ https://www.almawave.com/it/vertical/finance-banking/ https://www.almawave.com/it/vertical/infrastructure-transportation/
Aziende del gruppo	- Almawave do Brasil - Almawave USA - The Data Appeal Company - Sister - Abdo Systems - Mambrian
Clienti	N.D.
Localizzazione	Via di Casal Boccone, 188/190, 00137 Roma RM
Nazioni	Italia Brasile
Fatturato (ultimo dato)	37,42 mln € 2022 https://www.ufficiocamerale.it/1001/almawave-spa

Tabella 3: Dati principali della società Almawave S.p.A.

Azienda	Contents
Di cosa di occupa	Crea contenuti personalizzati per siti web e social media utilizzando modelli di linguaggio avanzati.
Settori di interesse	
Link	https://www.contents.ai/it/
Aziende del gruppo	
Clienti	IKEA, Oppo, Widiba, Accenture, Allianz, Billboard, Credit agricole, Dsquared2, FWD via Paolo da Cannobio, 9, 20122 Milano MI, ITALY;
Localizzazione	Ufficio USA 304 S Jones Blvd #6089 Las Vegas, NV 89107; Ufficio Spagna Calle de la Montera, 34 Planta 4, puerta 7, 28013 Madrid
Nazioni	Italia, USA e Spagna
Fatturato (ultimo dato)	3,48 mln (2022) https://www.ufficiocamerale.it/4678/entire-digital-srt

Tabella 4: Dati principali della società Contents S.p.A.

Azienda	Cyberoo
Di cosa di occupa	Si concentra sulla sicurezza informatica e utilizza l'IA per rilevare minacce e proteggere le reti aziendali. Cyberoo è l'unico player del settore sul mercato italiano a garantire un servizio MDR (Managed Detection & Response) a 360° con personale in servizio 24 ore su 24 e 7 giorni su 7.
Settori di interesse	Creando nuove soluzioni e algoritmi di IA, Cyberoo è in grado di monitorare, gestire e proteggere le informazioni dell'ecosistema IT dalle minacce informatiche e dal cyber crime, garantendo la sicurezza e le performance dei sistemi.
Link	https://cyberoo.com/
Aziende del gruppo	N.D.
Clienti	N.D.
Localizzazione	Via Brigata Reggio, 37 – 42124 Reggio Emilia (RE)
Nazioni	Italia Germania
Fatturato (ultimo dato)	13,98 mln € 2022 https://www.ufficiocamerale.it/1118/cyberoo-spa

Tabella 5: Dati principali della società Cyberoo S.p.A.

Azienda	Datrix
Di cosa di occupa	Fornisce soluzioni di data analytics e machine learning per ottimizzare la gestione dei dati e migliorare la pianificazione aziendale. Crea tecnologie all'avanguardia basate sull'IA che liberano il valore dei dati per migliorare la capacità umana di comprendere la realtà e guidare le azioni future.
Settori di interesse	AI per la monetizzazione dei dati: impegno per massimizzare rapidamente i ricavi, aumentare l'acquisizione e la fidelizzazione dei clienti, lanciare prodotti innovativi e penetrare in nuovi mercati. AI per i processi industriali e aziendali: L'IA reimagina le operazioni critiche, migliorando il processo decisionale e le relazioni con gli stakeholder. L'IA permette di ridefinire i processi industriali e aziendali, assicurando alle organizzazioni il raggiungimento della massima efficienza operativa e sostenibilità, riducendo i costi, conservando l'energia ed elevando la produttività aziendale.
Link	https://datrixgroup.com/
Aziende del gruppo	- Adapex (https://adapex.io/) - Aramix (https://aramix.ai/) - Bytek (https://bytek.ai/) - Finscience (https://finscience.com/) - Paperlit (https://www.paperlit.com/)
Clienti	N.D.
Localizzazione	Foro Buonaparte, 71 Milano
Nazioni	Italia USA UAE
Fatturato (ultimo dato)	2,06 mln € (2022) https://www.ufficiocamerale.it/4059/datrix-spa

Tabella 6: Dati principali della società Datrix S.p.A.

Azienda	Engineering Ingegneria Informatica
Di cosa di occupa	Engineering è una società italiana di consulenza e servizi IT. Offre, tra le altre, anche soluzioni basate sull'IA per il miglioramento dei processi aziendali, l'analisi dei dati, l'automazione dei processi e molto altro ancora.
Settori di interesse	AI & ADVANCED ANALYTICS AR / MR / VR (XR) BLOCKCHAIN CLOUD CYBERSECURITY DIGITAL TWIN INTELLIGENT AUTOMATION (RPA) INTERNET OF THINGS
Link	https://www.eng.it/enabling-technologies/artificial-intelligence-data
Aziende del gruppo	L'azienda controlla o partecipa 43 aziende del settore informatico
Clienti	Elenco clienti non presente Piazzale dell'Agricoltura, 24
Localizzazione	00144 Roma
Nazioni	Oltre all'Italia ha sedi in: - 9 paesi europei; - USA, Canada, Brasile, Messico e Argentina - India
Fatturato (ultimo dato)	927,8 mln € (2022) https://www.ufficiocamerale.it/4185/engineering-ingegneria-informatica-spa

Tabella 7: Dati principali della società Engineering Ingegneria Informatica S.p.A.

Azienda	eVISO
Di cosa di occupa	Specializzata in soluzioni di visione artificiale per l'industria fornitrici di commodities (ad es. Energia Elettrica, Gas, Prodotti Alimentari) , utilizzando l'IA per il controllo di qualità e l'automazione dei processi.
Settori di interesse	<ul style="list-style-type: none"> - eASY – My eVISO è l'area personale dei clienti eVISO che ti permette di gestire in completa autonomia la tua energia - CORTEX è la piattaforma dati accessibile sia machine to machine (API) sia via web, che consente all'operatore reseller, in modalità self-service, di modificare e ricostruire in tempo reale l'evoluzione delle condizioni tecniche e legali di ogni singolo punto di fornitura - SmartMele è la piattaforma sviluppata da eVISO dedicata alla negoziazione nel mercato delle mele, con consegna differita nel tempo a 3/6/12 mesi (e oltre) - SmartFaro La piattaforma di Business Intelligence per la gestione economico-finanziaria di tutti i punti di fornitura di energia
Link	https://eviso.ai/
Aziende del gruppo	<ul style="list-style-type: none"> - GD System S.r.l. (https://gdsystem.it/) - Greenovation S.r.l. (https://www.greenovation.it/) - looota S.r.l. (https://www.hellojarvis.it/)
Clienti	N.D.
Localizzazione	Corso Luigi Einaudi 3, 12037 Saluzzo (CN)
Nazioni	Italia
Fatturato (ultimo dato)	€ 225 mln € (2023) https://www.ufficiocamerale.it/6889/eviso-spa

Tabella 8: Dati principali della società eVISO S.p.A.

Azienda	Expert.ai
Di cosa di occupa	Offre servizi di analisi del testo e di comprensione del linguaggio naturale, aiutando le aziende a estrarre informazioni significative dai dati testuali.
Settori di interesse	<p>Per settore:</p> <ul style="list-style-type: none"> Assicurazione Farmaceutica e scienze della vita Finanza e banche Editoria e media <p>Per caso d'uso:</p> <ul style="list-style-type: none"> Gestione dei sinistri Assunzione delle iscrizioni Ingegneria del rischio Tutte le soluzioni
Link	https://www.expert.ai/
Aziende del gruppo	N.D.
Clienti	Vedi Alleagto Expert
Localizzazione	Via Fortunato Zeni, 8 38068, Rovereto
Nazioni	Italia USA Gran Bretagna Spagna
Fatturato (ultimo dato)	20,12 mln € 2022 https://www.ufficiocamerale.it/7426/expert-system-spa

Tabella 9: Dati principali della società Expert System S.p.A.

Azienda	Exprivia
Di cosa di occupa	Exprivia è una società italiana di consulenza e servizi IT specializzata in soluzioni di digital transformation. Offre servizi di consulenza sull'IA e sviluppa soluzioni avanzate basate sull'IA per migliorare le operazioni aziendali e ottimizzare le decisioni aziendali.
Settori di interesse	https://www.exprivia.it/it-tile-artificial-intelligence-abbiamo-doti-naturali-per-applicare-intelligenza-artificiale-ai-tuoi-processi/
Link	https://www.exprivia.it/it/
Aziende del gruppo	
Clienti	<ul style="list-style-type: none"> - Banca Popolare di Puglia e Basilicata - Comune di Bari
Localizzazione	Via A. Olivetti 11 70056 Molfetta BA
Nazioni	Italia
Fatturato (ultimo dato)	156,83 mln € (2022) https://www.ufficiocamerale.it/3404/exprivia-spa-in-forma-alternativa-ais-spa-aisoftware-sp-a-artificial-intelligence-software-spa

Tabella 10: Dati principali della società Exprivia S.p.A.

Azienda	Igenius
Di cosa di occupa	Offre un software di IA che aiutano le aziende ad analizzare i dati aziendali in linguaggio naturale, come in una normale conversazione.
Settori di interesse	
Link	https://it.igenius.ai/
Aziende del gruppo	
Clienti	ENEL, Intesa San Paolo, NewChem, AON, Allianz, SAPIO
Localizzazione	Via Principe Amedeo, 5, Milano (Italia)
Nazioni	Italia
Fatturato (ultimo dato)	€ 1,27 (2022) https://www.ufficiocamerale.it/3174/igenius-srl

Tabella 11: Dati principali della società Ingenius S.r.l.

Azienda	Jobrapido
Di cosa di occupa	Jobrapido potrebbe utilizzare l'Intelligenza Artificiale (IA) nel Matching avanzato, Screening automatico dei candidati, Previsione della domanda di talenti in determinati settori o regioni consentendo a Jobrapido di anticipare le esigenze dei clienti e di adattare le proprie strategie di recruiting di conseguenza, Analisi dei feedback dei clienti, Gestione automatizzata delle richieste, Personalizzazione delle offerte di lavoro, Targeting degli annunci e Ottimizzazione delle campagne
Settori di interesse	
Link	https://corporate.jobrapido.com/it/chi-siamo/
Aziende del gruppo	
Clienti	Mc Donald, Uber, EasyJet, Greenpeace, AVON, Apple, Deliveroo, Amazon, Tesco, Walmart, Esselunga
Localizzazione	Via Pietro Paleocapa 7 - 20121 - Milano
Nazioni	Italia
Fatturato (ultimo dato)	32,04 mil € (2023) https://www.ufficiocamerale.it/8161/jobrapido-srl

Tabella 12: Dati principali della società Jobrapido S.r.l.

Azienda	Leonardo
Di cosa di occupa	Leonardo è un'azienda italiana leader nel settore dell'aerospazio, della difesa e della sicurezza. Sviluppa soluzioni avanzate basate sull'IA per una varietà di applicazioni, tra cui: - nuovi modelli di IA e tecniche di analisi per monitorare le infrastrutture critiche, attraverso l'analisi dei dati derivanti dai satelliti e dai sensori sul campo (audio, video, e IoT); per applicazioni di sicurezza, utilizzando immagini, flussi video, audio (es. analisi video avanzata, rilevamento anomalie della folla di persone, classificazione audio), e per applicazioni di comando e controllo basate sull'integrazione di dati da sensori avanzati, sistemi di supporto decisionale adattabili a vari contesti operativi - reti neurali per abilitare IA in contesti critici per la sicurezza, come i sistemi soggetti a certificazione (velivoli, elicotteri sistemi ad alta affidabilità) - reti neurali ad alte prestazioni con particolare attenzione a modelli di grandi dimensioni e in grado di elaborare enormi quantità di dati - modelli leggeri da eseguire su dispositivi aventi poca potenza di calcolo (Embedded AI o On the Edge AI) - argomenti come l'apprendimento con pochi dati a disposizione, l'apprendimento continuo e l'adattamento ai diversi domini applicativi.
Settori di interesse	
Link	https://www.leonardo.com/it/innovation-technology/technological-areas/artificial-intelligence
Aziende del gruppo	- Leonardo UK - Leonardo DRS - PDL Swidnik - Kopter - Telespazio - Thales Alenia Space - MBDA - Hensoldt - Avio - Atr - Eetronica - Larimart
Clienti	Clienti in 150 paesi in tutto il mondo
Localizzazione	Piazza Monte Grappa n. 4 00195 Roma
Nazioni	Italia
Fatturato (ultimo dato)	€ 9,6 mld (2022) https://www.ufficiocamerale.it/2510/leonardo-societa-per-azioni

Tabella 13: Dati principali della società Leonardo S.r.l.

Azienda	Neosperience
Di cosa di occupa	Si occupa di customer experience e utilizza l'IA per personalizzare le interazioni con i clienti e migliorare la fidelizzazione.
Settori di interesse	Applicazioni di IA ad ogni processo per potenziare le competenze dei tecnici, progettisti e di tutti gli esperti all'interno delle aziende
Link	https://www.neosperience.com/process-innovation
Aziende del gruppo	Partnes: - Power BI - Dundas BI - aws - SAP Analytics Cloud
Clienti	- A2A (Process mining) - Alisea (Computer vision for quality) - Imago (Computer vision for quality)
Localizzazione	Via Orzinuovi 20 - 25125 - Brescia (BS)
Nazioni	Italia
Fatturato (ultimo dato)	12,15 mln € 2022 https://www.ufficiocamerale.it/6610/neosperience-spa

Tabella 14: Dati principali della società Neosperience S.p.A.

Azienda	Questit S.r.l.
Di cosa di occupa	E' un'azienda italiana che si occupa principalmente di sviluppare soluzioni basate sull'Intelligenza Artificiale (IA) per una varietà di settori e applicazioni. La società si concentra sull'implementazione di algoritmi avanzati di IA, machine learning e data science per risolvere problemi complessi e migliorare le prestazioni aziendali.
Settori di interesse	
Link	https://www.quest-it.com/
Aziende del gruppo	
Clienti	https://www.alghoncloud.com/casi-studio/
Localizzazione	Via Leonida Cialfi, 23 - 53100 Siena (SI)
Nazioni	
Fatturato (ultimo dato)	2 mln € 2022 https://www.ufficiocamerale.it/9871/questit-srl

Tabella 15: Dati principali della società Questit S.r.l. S.r.l.

Azienda	Reply
Di cosa di occupa	Reply è un'azienda italiana specializzata in consulenza, servizi e soluzioni digitali. Offre servizi di consulenza sull'IA e sviluppa soluzioni personalizzate per l'implementazione dell'IA in vari settori, inclusi servizi finanziari, sanità, manifatturiero e telecomunicazioni.
Settori di interesse	
Link	https://www.reply.com/it
Aziende del gruppo	
Clienti	Fraunhofer, Gartner, Lunendonk, IDC, PAE, AIRBUS, AIRA, NNG, Avadsant, BDDW, Teknowlogy
Localizzazione	Corso Francia, 110 – 10143 Torino
Nazioni	Ha sede legale a Milano, Italia, ma è presente con varie sedi e filiali in 20 paesi del mondo
Fatturato (ultimo dato)	604,2 mil € (2021) https://www.ufficiocamerale.it/2972/reply-spa

Tabella 16: Dati principali della società Reply S.r.l.

Azienda	Spindox
Di cosa di occupa	Fornisce soluzioni di automazione e consulenza tecnologica, utilizzando l'IA per ottimizzare i processi aziendali.
Settori di interesse	<p>Are di Intervento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gestione e controllo (Business intelligence, Computer vision for safety & security) - Vendita - Progettazione e configurazione (Knowledge management, Intellectual property management) - Produzione (Process mining e digital twin, Manutenzione predittiva, Computer vision for quality)
Link	https://www.spindox.it/it/intelligenza-artificiale/
Aziende del gruppo	
Clienti	https://newsroom.spindox.it/category/casi-di-studio/
Localizzazione	Via Pio Emanuelli, 1, 00143 Roma RM (10 uffici in Italia)
Nazioni	Italia
Fatturato (ultimo dato)	73,88 mln € 2022 https://www.ufficiocamerale.it/8600/spindox-spa

Tabella 17: Dati principali della società Spindox S.p.A.

Azienda	Vedrai
Di cosa di occupa	Crea soluzioni di IA per la gestione dei processi produttivi e la manutenzione predittiva. Ha clienti come Whirlpool, Bosch e ABB.
Settori di interesse	
Link	https://vedrai.com/
Aziende del gruppo	
Clienti	
Localizzazione	Piazza Vetra 17, 20123 Milano (Italia)
Nazioni	Italia
Fatturato (ultimo dato)	€ 4,08 (2022) https://www.ufficiocamerale.it/6283/vedrai-spa

Tabella 18: Dati principali della società Vedrai S.p.A.

4.3.2 Principali esperienze delle aziende italiane nel settore dell'IA

A seguito delle ricerche condotte sui siti internet aziende italiane operanti nel settore dell'IA (vedi § 4.3.1) per la raccolta di informazioni (di pubblico dominio¹⁰⁷) relative a casi studio/progetti/prestazioni professionali sviluppati per diversi clienti, per effetto dell'estrema delicatezza dell'argomento in relazione alle potenzialità di sviluppo del settore e, conseguentemente, incremento di fatturato a cui tende ciascuna azienda, è stato

¹⁰⁷ In alcuni casi era necessario contattare l'azienda per poter ricevere, entro tempi non definiti, una risposta preliminare propedeutica ad attività di consulenza successiva (in effetti erano richieste per poter avviare, da parte dell'azienda contattata, un rapporto professionale).

possibile reperire, in soli due casi (Expert.ai¹⁰⁸ e Questit¹⁰⁹), un sufficiente numero di informazioni (oltre trenta in entrambi i casi).

Pur nella limitata disponibilità di informazioni presenti sui siti aziendali, il lavoro condotto ha permesso di comprendere l'estrema eterogeneità delle applicazioni possibili nel settore dell'IA e la diversificazione dei clienti finali che le richiedono.

Tenuto conto di quanto precede, quindi, di seguito sono riportate sinteticamente le informazioni disponibili¹¹⁰ in internet, previa richiesta, sui siti all'azienda Expert.ai¹¹¹:

¹⁰⁸ Expert.ai è un'azienda con sede a Modena con uffici in Italia, USA, Gran Bretagna e Spagna e collabora con aziende e organizzazioni globali come AXA XL, Zurich Insurance Group, Generali, The Associated Press, Bloomberg, ING, BNP Paribas, Rabobank, Gannett ed EBSCO. L'obiettivo aziendale consiste nell'aiutare aziende e organizzazioni a trasformare il linguaggio in dati utili per migliorare i processi decisionali. L'azienda ha fornito la propria consulenza a oltre 250 clienti in tutto il mondo.

¹⁰⁹ <https://www.quest-it.com/>. L'azienda ha messo a punto "Algho" che è una piattaforma di IA conversazionale No-Code, composta da tecnologie proprietarie di Intelligenza Artificiale per la realizzazione di Assistenti Virtuali e Digital Human evoluti. Tramite questi assistenti virtuali sono state condotte più di 4,2 mil di conversazioni con oltre il 90% di comprensione delle esigenze del cliente e più di 1,0 mil di appuntamenti fissati. L'azienda ha sede a Siena e centro operativo a Gioia del Colle.

¹¹⁰ Con relativo link internet.

¹¹¹ <https://www.expert.ai/>

Cliente	Link documento	Titolo caso studio/progetto
Guidewire	https://www.expert.ai/wp-content/uploads/2022/11/Guidewire-case-study.pdf?	Optimize Claims Processing with expert.ai's New Guidewire Marketplace App
Plexus	https://www.expert.ai/wp-content/uploads/2022/10/Plexus-case-study.pdf?	Automating the processing of medical reports at Plexus Law
Zurich	https://www.expert.ai/wp-content/uploads/2023/06/ZURICH-case-study_.pdf?	Automating Claims with High Accuracy at Zurich Insurance
Vodafone	https://www.expert.ai/wp-content/uploads/2022/07/VODAFONE-case-study.pdf?	Automating SMS Self-Help at Vodafone
Sage Publishig	https://www.expert.ai/wp-content/uploads/2022/07/SAGE-case-study.pdf?	Providing Expert Content Recommendations at Sage Publishing
RSA Group	https://www.expert.ai/wp-content/uploads/2022/07/RSA-case-study.pdf?	Teaching an Old Dog New Tricks: Pet Claims Automation at RSA Group
RBI-Reed Business Information	https://www.expert.ai/wp-content/uploads/2022/07/Reed-Business-Information-case-study.pdf?	Delivering Highly Customized Content Recommendations at Reed Business Information
Inserm	https://www.expert.ai/wp-content/uploads/2022/07/INSERM-case-study.pdf?	Validating Employment Candidate Expertise and Reputation at Inserm
ING Direct	https://www.expert.ai/wp-content/uploads/2022/07/ING-case-study.pdf?	Keeping Customers Happy and Self-Service with Semantic Search at ING Direct
BNL	https://www.expert.ai/wp-content/uploads/2022/07/BNL-case-study.pdf?	Smarter and Faster BNL Employees via a Semantic Search Engine and Customized Taxonomy
ANSA	https://www.expert.ai/wp-content/uploads/2022/07/ANSA-case-study-1.pdf?	Accelerating Media Categorization via IPTC Taxonomy at Ansa
AXA	AXA-case-study.pdf (expert.ai)	Accelerating Property Risk Engineering for AXA XL
The Associated Press	https://www.expert.ai/case-studies/advance-the-power-of-facts-with-natural-language-understanding?	Advance the Power of Facts with Natural Language Understanding
Le Conservateur	https://www.expert.ai/case-studies/optimize-policy-analysis-and-review-with-artificial-intelligence?	Optimize Policy Analysis and Review with Artificial Intelligence
HX Group	https://www.expert.ai/case-studies/enhance-policy-submissions-review?	Enhance policy submissions review
AEGIS	https://www.expert.ai/case-studies/enhance-data-strategy-with-ai-based-natural-language-understanding?	Enhance Data Strategy with AI-based Natural Language Understanding
Generali	https://www.expert.ai/case-studies/generali-italia?	Faster and More Accurate Ticket Sorting
L'Argus de la Presse	https://www.expert.ai/case-studies/argus-de-la-presse?	Brand reputation analysis and online news monitoring
Radobank	https://www.expert.ai/case-studies/rabobank-establishes-partnership-expert-system-cognitive-artificial-intelligence/?	Artificial Intelligence to improve the use of data and unstructured information
Utwinn	https://www.expert.ai/case-studies/utwin-selects-expert-system-to-improve-business-process-automation-with-artificial-intelligence/?	AI to improve business process automation
AASCB	https://www.expert.ai/case-studies/aascb?	Scientific content analytics tool to support decision making processes
SANOFI	https://www.expert.ai/case-studies/expert-system-co-chairs-pharma-ci-round-table-sanofi/	Competitive intelligence for the development and commercialization of pharmaceutical products
VODAFONE	https://www.expert.ai/case-studies/vodafone?	Innovative customer interaction management solution
ENI	https://www.expert.ai/case-studies/eni?	Semantic search and analysis of strategic information
Credit Agricole	Reveal the hidden value of unstructured information - expert.ai expert.ai	Reveal the hidden value of unstructured information
SAGE Publishing	Content recommendation engine for improving information discovery - expert.ai expert.ai	Content recommendation engine for improving information discovery
Intesa San Paolo	https://www.expert.ai/case-studies/intesa-sanpaolo-chooses-expert-systems-cogito-platform-cognitive-banking?	Cognitive banking services using virtual agents and intelligent search
Inserm	https://www.expert.ai/case-studies/the-french-national-institute-of-health-and-medical-research-inserm-selects-expert-systems-artificial-intelligence-to-support-covid-19-research?	AI to support Covid-19 Research
Wolters Kluwer	https://www.expert.ai/case-studies/wolters-kluwer?	New content access features for online products and services
Ilimity	https://www.expert.ai/case-studies/ilimity?	Smart search for online banking
Zurich	https://www.expert.ai/case-studies/expert-system-signed-global-agreement-zurich-insurance-group-cognitive-computing-solutions?	Cognitive computing solutions for automation and strategic innovation processes
3M	https://www.expert.ai/case-studies/3m-and-expert-system-sign-agreement-for-development-of-advanced-systems-for-medical-documentation-control-and-coding?	Advanced Systems for Medical Documentation Control and Coding
Generali	https://www.expert.ai/case-studies/generali-relies-artificial-intelligence-accelerate-registration-claim-management-process?	Optimization of the registration process and request for reimbursement
ING Direct	https://www.expert.ai/case-studies/ing?	Advanced semantic research engine for the website

Tabella 19: Principali informazioni e collegamenti ai progetti/casi studio della società Expert.ai nel settore dell'intelligenza artificiale

Nelle successive figure, invece, sono riportati, per diversi settori di interesse, le esperienze condotte dalla società Questit s.r.l. che, sul sito <https://www.alghoncloud.com/casi-studio/>, sintetizza la propria esperienza nel settore dell'IA:

<p>PUBLIC ADMINISTRATION</p>  <p>+2K certificati scaricati al mese dagli utenti con l'aiuto dell'IA</p> <p>La Pubblica Amministrazione è più efficiente con la 1^a Digital Human a supporto dei cittadini.</p> <p>Scopri il caso studio</p>	<p>PUBLIC ADMINISTRATION</p>  <p>+11K messaggi di assistenza ai cittadini</p> <p>La Virtual Assistant Angela aiuta i cittadini a reperire le informazioni utili e invia prontamente comunicazioni sui servizi sociali, la polizia locale, la mobilità e l'urbanistica.</p> <p>Scopri il caso studio</p>
<p>PUBLIC ADMINISTRATION</p>  <p>Lo sportello virtuale integrato con gli uffici di urbanistica, tutela ambiente, sanità e con l'ufficio relazione con il pubblico è in grado di erogare, a distanza, tutti i servizi di assistenza al cittadino.</p> <p>IN PARTNERSHIP CON EXPRIVIA</p> <p>Scopri il caso studio</p>	<p>PUBLIC ADMINISTRATION</p>  <p>L'IA rende semplice e immediato l'accesso ai servizi tramite un supporto attivo 24/7 sia sul sito web che sul centralino telefonico.</p> <p>IN PARTNERSHIP CON READYCOONE</p>
<p>PUBLIC ADMINISTRATION</p>  <p>+2K certificati scaricati al mese dagli utenti con l'aiuto dell'IA</p> <p>La Pubblica Amministrazione è più efficiente con la 1^a Digital Human a supporto dei cittadini.</p> <p>Scopri il caso studio</p>	<p>PUBLIC ADMINISTRATION</p>  <p>+11K messaggi di assistenza ai cittadini</p> <p>La Virtual Assistant Angela aiuta i cittadini a reperire le informazioni utili e invia prontamente comunicazioni sui servizi sociali, la polizia locale, la mobilità e l'urbanistica.</p> <p>Scopri il caso studio</p>
<p>PUBLIC ADMINISTRATION</p>  <p>Lo sportello virtuale integrato con gli uffici di urbanistica, tutela ambiente, sanità e con l'ufficio relazione con il pubblico è in grado di erogare, a distanza, tutti i servizi di assistenza al cittadino.</p> <p>IN PARTNERSHIP CON EXPRIVIA</p> <p>Scopri il caso studio</p>	<p>PUBLIC ADMINISTRATION</p>  <p>L'IA rende semplice e immediato l'accesso ai servizi tramite un supporto attivo 24/7 sia sul sito web che sul centralino telefonico.</p> <p>IN PARTNERSHIP CON READYCOONE</p>

Tabella 20: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata alla Pubblica Amministrazione

<p>ENERGY & UTILITIES</p>  <p>+280K telefonate a cui risponde l'IA ogni anno</p> <p>I cittadini prenotano il ritiro dei rifiuti ingombranti direttamente con l'Intelligenza Artificiale.</p> <p>Scopri il caso studio</p>	<p>ENERGY & UTILITIES</p>  <p>+3 minuti è la durata media delle conversazioni con gli utenti</p> <p>Enia conduce i clienti tra le pagine del sito, mostrando le informazioni utili, con una semplice richiesta vocale.</p> <p>IN PARTNERSHIP CON EXPRIVIA</p>
<p>ENERGY & UTILITIES</p>  <p>+30% di engagement</p> <p>L'IA omnicanale integrata con i gestionali dell'azienda che permette una nuova e personalizzata customer experience.</p> <p>Scopri il caso studio</p>	<p>ENERGY & UTILITIES</p>  <p>Integrata con i sistemi gestionali, l'IA di Algho acquisisce in autonomia le informazioni sull'autolettura e aiuta i clienti ad effettuare tempestive segnalazioni, anche su WhatsApp e VoIP.</p>
<p>ENERGY & UTILITIES</p>  <p>+45% delle conversazioni totali avviene sul canale WhatsApp</p> <p>Multicanale, l'Assistente Virtuale supporta gli utenti nel comunicare l'autolettura e gestire la propria offerta anche da WhatsApp.</p> <p>Scopri il caso studio</p>	<p>ENERGY & UTILITIES</p>  <p>+50% di utenti ingaggiati e profilati correttamente</p> <p>Anche all'interno di totem interattivi, l'Assistente Virtuale di A2A prende appuntamenti e fornisce informazioni in modo semplice e veloce.</p>
<p>ENERGY & UTILITIES</p>  <p>L'assistente virtuale di Acquevenete riduce i tempi d'attesa e velocizza pratiche come la lettura del contatore, offrendo assistenza 24/7.</p>	

Tabella 21: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata al settore Energy & Utilities

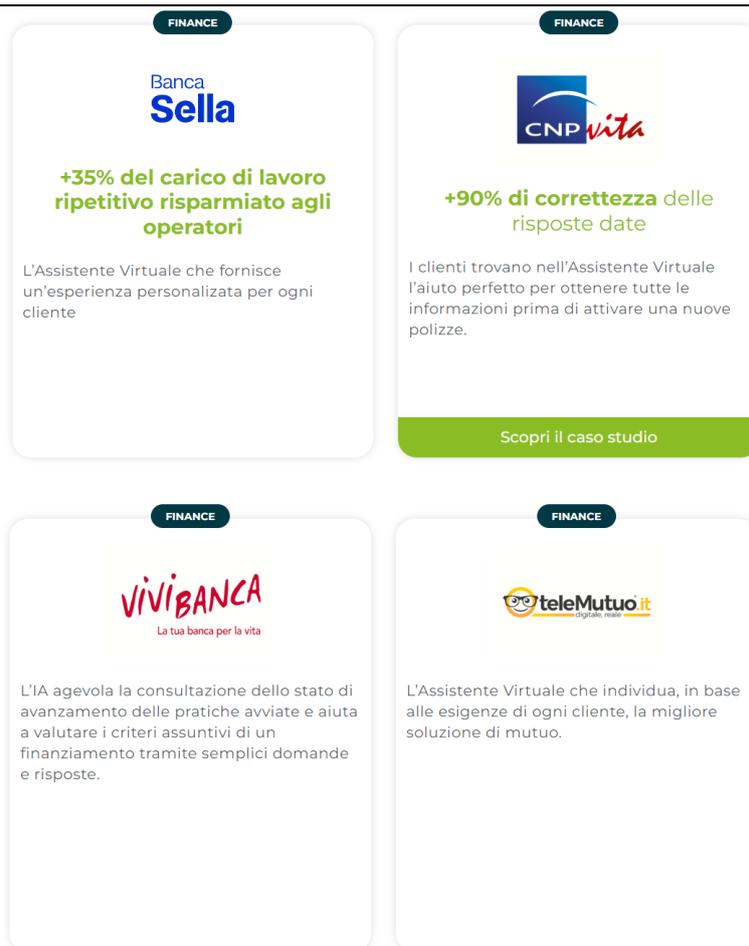


Tabella 22: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata al settore Finance

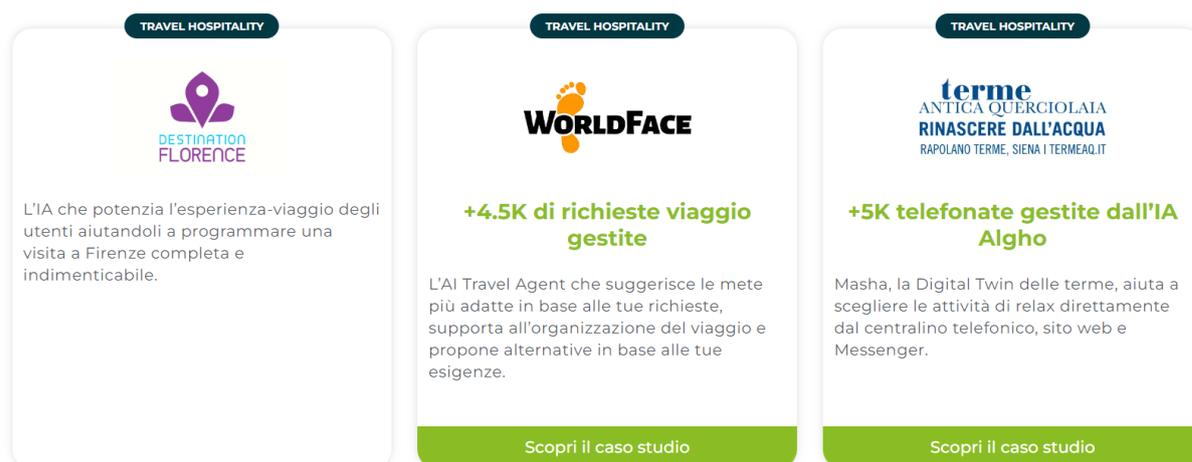


Tabella 23: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata al settore Travel Hospitality

HEALTHCARE	HEALTHCARE
 <p>+6K ore di conversazione gestite all'anno</p> <p>I pazienti del Pascale usano l'Assistente Virtuale per prenotare appuntamenti con i dottori e ricevere informazioni più velocemente.</p> <p>IN PARTNERSHIP CON READYGOONE</p> <p>Scopri il caso studio</p>	 <p>L'Assistente Virtuale a supporto del settore sanitario che semplifica la prenotazione per i tamponi molecolari o antigenici e altre mansioni sanitarie.</p> <p>IN PARTNERSHIP CON EXPRIVIA</p>

Tabella 24: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata al settore Healthcare

E-COMMERCE	E-COMMERCE
 <p>Guida l'utente al prodotto giusto</p> <p>La Virtual Shopper Emma che legge la ricetta e propone il farmaco giusto per il tuo animale</p> <p>Scopri il caso studio</p>	 <p>L'IA che potenzia lo shopping. Con una semplice richiesta vocale i clienti possono chiedere personalizzazioni e modifiche dei prodotti e vederli in real time, in un'esperienza 3D senza precedenti.</p> <p>Scopri la demo</p>

Tabella 25: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata al settore E-Commerce

GDO	GDO
 <p>+2.5k conversazioni scambiate al mese con clienti nuovi e abituali</p> <p>L'IA che supporta il noleggio migliorando la customer experience e la qualificazione dei lead.</p> <p>Scopri il caso studio</p>	 <p>83% di richieste fatte con l'uso della voce</p> <p>Semplicemente conversando, l'Assistente Virtuale raccoglie informazioni e richieste e monitora costantemente la soddisfazione e bisogni dei clienti.</p> <p>Scopri il caso studio</p>

Tabella 26: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata al settore GDO

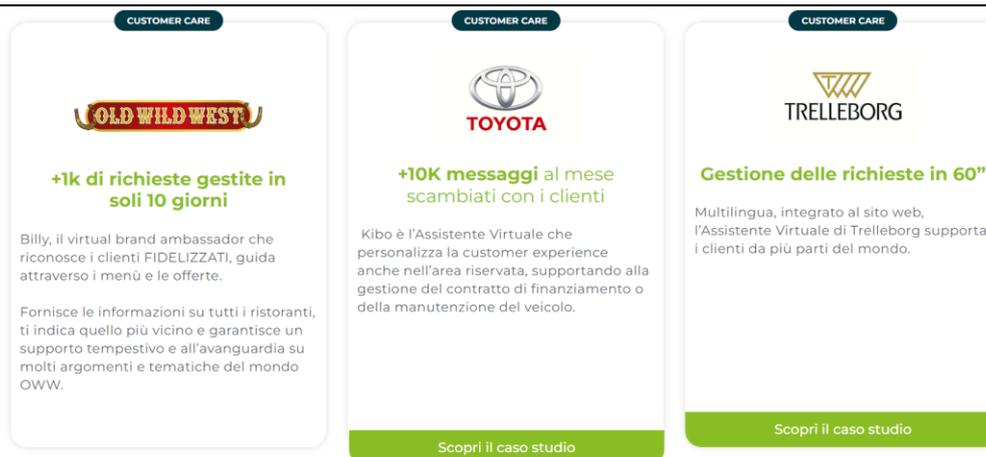


Tabella 27: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata al Customer Care



Tabella 28: Sintesi informativa delle esperienze di Questit S.r.l. nel settore dell'IA applicata a software specialistici

4.4 Panoramica delle più recenti applicazioni dell'IA nei settori industriali/produttivi a livello internazionale

Allargando lo sguardo ad applicazioni dell'IA nei settori industriali/produttivi al livello internazionale, di seguito si illustrano alcuni recenti sviluppi¹¹² che confermano come il potenziale di sviluppo applicativo di tale nuovo settore della conoscenza sia enorme e come sia difficile prevederne gli sviluppi ed i limiti.

¹¹² *Intelligenza artificiale. Dall'irrigazione alle truffe finanziarie: ecco dove opera, già oggi, Osservatorio Conti Pubblici Italiani* – La Repubblica (R. Arcano, A. Capacci, G. Galli e A. Loreggia), 27 aprile 2024, https://www.repubblica.it/economia/2024/04/27/news/intelligenza_artificiale_dallirrigazione_alle_truffe_finanziarie_ecco_dove_opera_gia_oggi-422742637/?ref=RHVS-BG-P3-S1-T1

Come già illustrato in altre parti della presente tesi, l'adozione sempre più frequente dell'IA non dipende solo dagli sviluppi tecnologici ma, anche, dalle relazioni sociali ed economiche su cui essa andrà ad operare e dalla volontà degli sviluppatori di rispettare i diritti fondamentali dell'uomo.

In quest'ottica è indispensabile coniugare l'innovazione con i vincoli etici, sociali ed economici e ciò è essenziale perché l'utilizzazione dell'IA sia davvero al servizio delle persone e della società.

Come detto in precedenza (vedi § 3.2), sulla base delle precedenti considerazioni è indispensabile che i governi inducano la formazione di ecosistemi favorevoli all'IA attraverso l'emanazione di norme tese alla minimizzazione dei rischi di riduzione dei diritti fondamentali, dei livelli minimi di salute e di sicurezza delle persone.

Di seguito si riportano, per diversi settori, alcuni sviluppi tecnologici resi possibili dall'applicazione dell'IA.

4.4.1 Applicazione dell'IA nell'Agricoltura

Uno dei settori produttivi dove, già oggi, l'IA ha visto crescere i casi di sua applicazione è quello agricolo ed ha consentito lo sviluppo dell'"agricoltura digitale" o "agricoltura di precisione" che, nel tempo, sta diventando sempre più un elemento di trasformazione delle metodologie di coltivazione. Di seguito si illustrano, sinteticamente, alcuni casi applicativi:

- **Sensori e trattori intelligenti:** John Deere, una delle più importanti aziende mondiali produttrici di attrezzature agricole che, usando sensori e GPS gestiti da specifico software per ottimizzare semina, irrigazione e fertilizzazione, adatta queste lavorazioni alle specifiche esigenze di coltivazione di diversi prodotti. Attraverso questa innovazione è possibile utilizzare la giusta quantità di risorse nel tempo e nello spazio con conseguente incremento di rendimenti delle colture e riduzione dello spreco di risorse. La società americana Blue River Technology, per esempio, in collaborazione con John Deere la ha sviluppato un applicativo (software e hardware) chiamato "See & Spray" che, attraverso le possibilità offerte dall'IA, è in grado di rilevare la localizzazione delle erbe infestanti presenti nei campi e permette di applicare, in modo selettivo, i pesticidi solo nei punti opportuni riducendo, in tal modo, l'applicazione di sostanze diserbanti.



Figura 47: Progetto di trattore autonomo di John Deere. Il trattore a guida autonoma avrà una potenza di 500 kilowatt e sarà a zero emissioni, Repubblica – 27/04/2024

- Droni per il monitoraggio delle colture: Taranis, un'azienda israeliana, ha creato una piattaforma¹¹³ che, attraverso l'uso di droni, acquisisce immagini aeree al fine di individuare problemi (ad es. carenze nutritive, siccità differenziate o infestazioni da parassiti) consentendo agli agricoltori di individuare le decisioni più appropriate per porre rimedio ai problemi migliorando la salute ed il rendimento finale delle colture;



Figura 48: Processo di acquisizione ed elaborazione dati per trattamenti agricoli, Taranis, 2024

- Irrigazione intelligente: L'azienda californiana Tule Technologies¹¹⁴ ha sviluppato un sistema di monitoraggio dell'umidità del suolo (vedi Figura 49) che, attraverso la conoscenza del livello di umidità del suolo e delle condizioni meteo climatiche, permette agli agricoltori di ottimizzare l'uso dell'acqua per definire il programma ottimale di irrigazione in tempo reale delle coltivazioni. Il sistema utilizza sensori nel

¹¹³ <https://www.taranis.com/success-team/#>

¹¹⁴ <https://tule.ag/>

terreno che hanno il compito di raccogliere, con continuità, dati sull'umidità che vengono costantemente analizzati da algoritmi di IA per determinare l'istante, la quantità e la localizzazione ottimali di irrigazione per le colture. Tale sistema, quindi, consente la riduzione del consumo d'acqua migliorando l'efficienza nell'uso delle risorse. La piattaforma Climate Corporation¹¹⁵, di proprietà della Bayer, attraverso l'acquisizione di dati meteorologici ed immagini satellitari, applicando modelli predittivi, riesce ad elaborare previsioni dettagliate sui rendimenti delle colture.



Figura 49: Processo di irrigazione intelligente, Taranis <https://tule.ag/sensors/>, 2024

- Assicurazione agricola: AgriEnhance™ è un'offerta di assicurazione agricola su una piattaforma chiamata Agi3¹¹⁶. La piattaforma Agi3 raccoglie tutti i dati sul campo, consentendo di tenere traccia delle attività e degli eventi e può fornire opzioni personalizzate per l'assicurazione consentendo il miglioramento della copertura assicurativa ed il premio da corrispondere all'assicuratore terrà conto del modo di operare in agricoltura. Questa piattaforma utilizza contemporaneamente algoritmi avanzati di machine learning per valutare con precisione le opportunità e i rischi a livello di ciascuna porzione di terreno. Per Definity¹¹⁷, compagnia di assicurazione canadese, l'uso di Agi3 permette una maggiore conoscenza dei singoli casi e le permette di regolare le tariffe e la copertura, in tempo reale, al fine di fornire servizi avanzati di previsione e prevenzione del rischio;

¹¹⁵ <http://climatecorp.eu/>

¹¹⁶ <https://agi3.ai/>

¹¹⁷ <https://definityfinancial.com/English/overview/default.aspx>

- Collari intelligenti per il bestiame: La società neozelandese Halter¹¹⁸ ha sviluppato un sistema di collari intelligenti per il bestiame (vedi Figura 50) che utilizza l'IA per monitorare e gestire, attraverso collegamento con smartphone, il movimento degli animali. I collari sono dotati di sensori elettromagnetici e GPS che rilevano la posizione e il comportamento del bestiame (limitandone anche la movimentazione erratica) e inviano dati in tempo reale a un'applicazione mobile. Attraverso la "gestione" delle mandrie, gli agricoltori possono utilizzare le informazioni raccolte per gestire il pascolo in modo più efficiente e permettendo azioni per la riduzione dell'erosione del suolo favorendo, contemporaneamente, il miglioramento della salute degli animali.

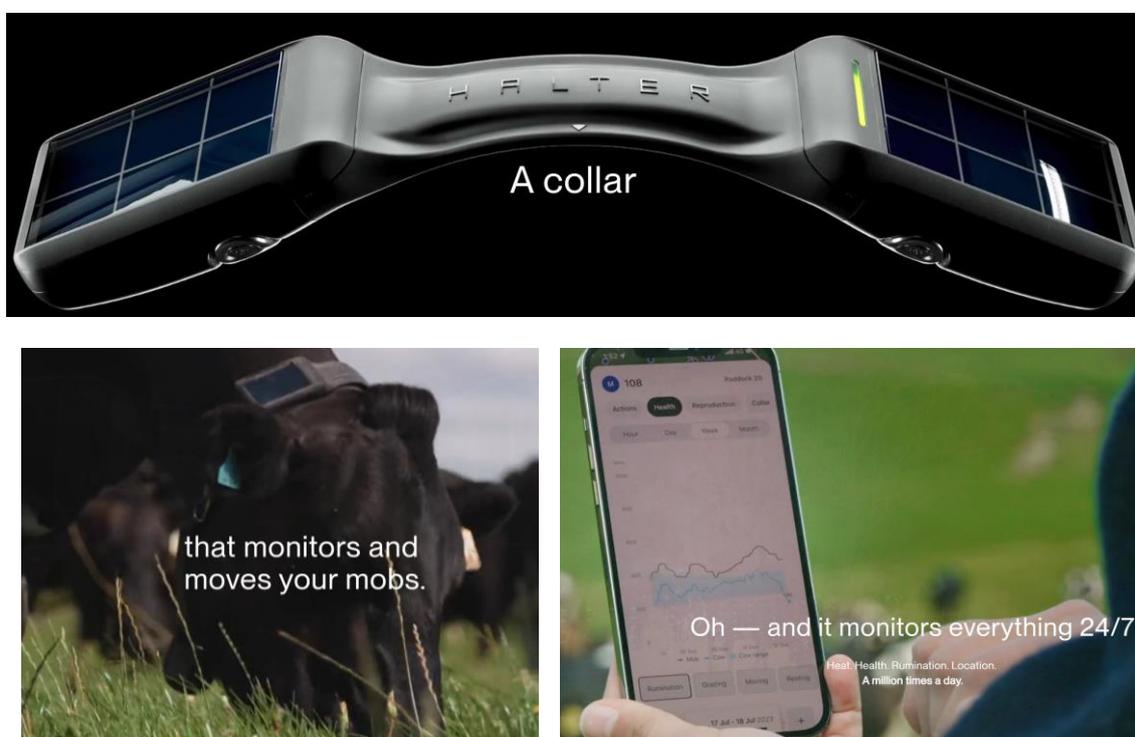


Figura 50: Sistema di monitoraggio intelligente del bestiame, <https://www.halterhq.com/>, 2024

¹¹⁸ <https://www.halterhq.com/>

4.4.2 Applicazione dell'IA nell'Industria

L'industria manifatturiera è, probabilmente, il settore più avanzato nell'utilizzo di IA nel quale l'Europa si pone come best practice al livello mondiale. I diversi settori interessati sono i seguenti:

- Verifica della qualità dei prodotti: MiCROTEC¹¹⁹, un'azienda fondata da un italiano e con una forte presenza in Italia, utilizza l'IA nell'uso dello scanner GoldenEye 900¹²⁰ (vedi Figura 51) al fine di analizzare accuratamente la qualità dei tronchi di albero in modo da poter verificare la presenza di eventuali difetti nel legno come, ad es., nodi morti o sacchi di resina. Attraverso tale scanner, inoltre, è possibile misurare l'esatto volume del tronco consentendo, in tal modo, maggiori possibilità di un efficiente utilizzo del materiale a seguito del taglio ed un notevole risparmio in termini di tempo (in mancanza dello scanner, per analizzare un tronco, sono necessarie ore invece di secondi).

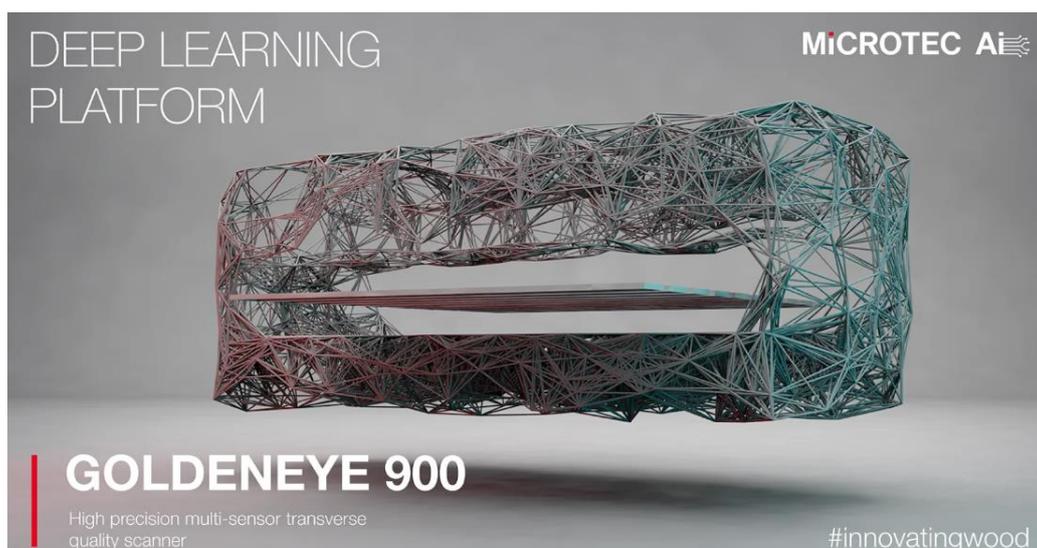


Figura 51: GoldenEye 900 di MiCROTEC, uno scanner trasversale che determina in maniera precisa la qualità del legname (sia esso fresco, essiccato o piallato) in un solo passaggio da tutti e quattro i lati, <https://www.microtec.eu/it/prodotti/goldeneye-900>, 2024

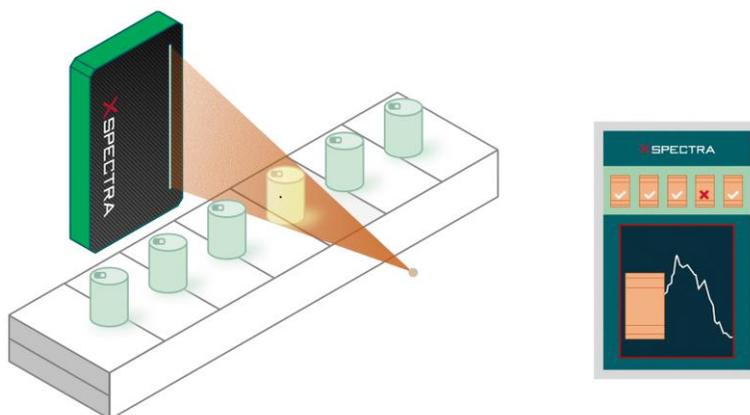
- Rilievo di corpi estranei nei prodotti alimentari: Xnext¹²¹, un'azienda italiana fondata nel 2014 e attiva nel controllo qualità, ha sviluppato una tecnologia per l'ispezione alimentare chiamata XSpecra (vedi Figura 52) che esegue, con l'ausilio dell'IA,

¹¹⁹ <https://www.microtec.eu>

¹²⁰ <https://www.microtec.eu/it/prodotti/goldeneye-900>

¹²¹ <https://www.x-next.com/it/>

un'analisi spettrale che confronta fino a 1.024 livelli energetici e i diversi assorbimenti del prodotto rispetto al contaminante. In pochi millisecondi, esegue una analisi multispettrale di ogni prodotto sulla linea di lavorazione, per identificare contaminanti attualmente non rilevabili.



XSpectra® Machine Lineups

Figura 52: XSpectra Machine Lineups, <https://www.x-next.com/it/prodotti/xspectra-lateral-diagonal-inspection/#>, 2024

- Migliorare l'efficienza dei propri impianti: L'impianto Bosch di Bursa (Turchia) è stato eletto dal World Economic Forum come un esempio per l'innovazione industriale. Lo spreco di acqua, attraverso l'ampio uso di sistemi basati sull'IA, è stato ridotto del 30%, quello di energia elettrica del 6%, gli scarti industriali prodotti sono stati ridotti del 9%. L'efficienza complessiva dell'impianto si stima sia aumentata del 10%. Nell'impianto di Hildesheim (Germania), invece, Bosch è riuscita, grazie all'analisi dei dati svolta tramite IA, a ridurre i tempi di produzione del 15%;
- Robotizzazione: I robot collaborativi CRX di FANUC, colosso giapponese leader nell'automazione, operano autonomamente senza richiedere alcun tipo di manutenzione per ben otto anni. Strumenti di IA specificatamente predisposti vengono impiegati per 'guidare' il robot nelle proprie operazioni ottimizzandone le operazioni e, in caso di eventuali deviazioni da operazioni preimpostate, è in grado di eseguire delle specifiche azioni di compensazione tramite meccanismi di machine

learning, in modo da individuare, in modo autonomo, le soluzioni più opportune ai problemi riscontrati;



Figura 53: Robot collaborativi CRX, <https://crx.fanuc.eu/it/>, 2024

- Riduzione dei tempi di produzione: VinFast¹²², casa automobilistica di recente nascita e con sede in Vietnam, è riuscita a ridurre i tempi di produzione grazie all'utilizzo dei sistemi prodotti dalla tedesca Siemens; tra questi, la piattaforma Xcelerator¹²³ e i sistemi TIA (Totally Integrated Automation). Grazie a questa tecnologia è stato possibile realizzare l'impianto di Hai Phong in 21 mesi, con una riduzione del 50% del tempo normalmente richiesto, ed è oggi completamente digitalizzato.
- Previsione dell'andamento della domanda di prodotti: Danone, il gigante francese leader nel settore alimentare, ha introdotto tecniche di machine learning per poter programmare la produzione dei propri prodotti in funzione delle previsioni di domanda da esse elaborate. Attraverso tali sistemi l'azienda ha ottenuto una riduzione del 20% dell'errore di previsione nella richiesta dei propri prodotti e del 30% della merce invenduta. Danone ha, inoltre, sviluppato un programma di training (chiamato DanSkills¹²⁴) per migliorare le competenze dei suoi 100 mila addetti in vari campi inclusa l'IA.

¹²² <https://vinfastauto.eu/>

¹²³ <https://www.siemens.com/it/it/prodotti/xcelerator.html>

¹²⁴ <https://www.danone.com/content/dam/corp/global/danonecom/medias/medias-en/2024/corporatepressreleases/pr-danone-launch-danskills.pdf>

<https://www.edie.net/danone-launches-global-green-skills-programme-to-upskill-its-workforce/>

4.4.3 *Applicazione dell'IA nei Servizi finanziari*

Il settore dei servizi finanziari ha accolto in modo estremamente significativo l'avvento dell'IA e si prevede che, nei prossimi anni, il suo uso crescerà in modo rilevante. Alcuni esempi di utilizzo sono di seguito elencati:

- J.P. Morgan: utilizza modelli di IA nella rilevazione di frodi attraverso lo screening dei pagamenti, riducendo i falsi positivi e migliorando l'esperienza del cliente. Attraverso l'IA la J.P. Morgan ha visto ridurre del 15-20% il tasso di rifiuto della convalida dell'account;
- Bank of America: attraverso il chatbot Erika basato sull'IA la banca sta rivoluzionando il servizio clienti, gestendo milioni di interazioni e migliorando la soddisfazione del cliente rendendo, contemporaneamente, i servizi finanziari più sicuri, efficienti e accessibili per tutti;
- Banca Nazionale del Lavoro: Tramite l'utilizzo di algoritmi di Machine Learning, BNL ha sviluppato un sistema di Cognitive Help Desk capace di interagire automaticamente ai ticket e alle e-mail di assistenza inoltrate sia dai clienti interni (di cui il 20-25% delle richieste è stato automatizzato con successo) che dai clienti esterni (40-45% delle richieste automatizzato);
- Monte dei Paschi di Siena: Tramite lo sviluppo di un assistente virtuale adibito alla classificazione delle richieste di assistenza, MPS ha aumentato il loro tasso di risoluzione fino al 33% risolte direttamente dal chatbot, mentre il 58% delle richieste più complesse sono state reindirizzate dal bot al consulente umano;
- Credem: al fine di supportare i piani di marketing, le campagne commerciali e la vendita dei propri prodotti, la banca ha sviluppato un modello di Machine Learning capace di identificare un 'indicatore di propensione' della clientela attraverso il quale misurare la probabilità che il cliente si dimostri interessato a provare un nuovo prodotto proposto;
- DEDAGROUP¹²⁵: ha sviluppato un sistema (già disponibile) che permette di stabilire, in modo prospettico, la giacenza minima di contante a livello di filiali e POS. L'IA, inoltre, è capace di automatizzare i processi di sblocco delle carte di credito, oltre che

¹²⁵ <https://www.deda.group/home>

verificare la contraffazione dei documenti e identificare con precisione le operazioni sospette;

- SACE¹²⁶: impiega l'IA per l'analisi dei bilanci esteri dei clienti oppure per il supporto dell'organizzazione flessibile del lavoro.

4.4.4 Applicazione dell'IA nei settori del fisco, sanità e giustizia

L'IA offre valide opportunità per migliorare l'efficienza e ridurre la spesa complessivo anche nel settore dell'amministrazione pubblica: l'Amministrazione Fiscale francese, ad esempio, ha utilizzato sperimentalmente un software basato sull'IA (sviluppato con una partnership tra Google e Capgemini) per individuare, in modo automatico, migliaia di piscine private non dichiarate al fisco e presenti in nove dipartimenti.

Il sistema ha consentito di individuare oltre 20.000 piscine e sarà esteso su tutto il territorio nazionale, anche se le con l'ausilio di una supervisione umana per la formalizzazione delle contestazioni dfiscali.

Sempre in Francia l'IA trova applicazione nelle attività di esame delle analisi mediche al fine di aumentarne l'accuratezza. Nel triage pre-ricovero dei pazienti si conduce, tramite strumenti basati sull'IA, una rapida rilevazione delle condizioni critiche, ottimizzando l'efficienza dei flussi di lavoro e riducendo, contemporaneamente, il rischio di errori diagnostici.

Nel marzo del 2023, la Food and Drug Administration americana (FDA) ha autorizzato l'azienda NeuroRPM¹²⁷ ad installare l'App NeuroRPM-Rx su Apple Watch per attivare un sistema di gestione del Parkinson basato sull'IA avanzata. Tale App monitora i tre sintomi cardine del Parkinson - bradicinesia, tremore e discinesia insieme alla gestione completa dei farmaci e alle informazioni sulla salute provenienti dall'Healthkit di Apple.

In Austria software basati sull'IA vengono utilizzati nell'amministrazione della giustizia per:

- analisi, classificazione ed estrazioni di metadati da documenti in ingresso nei tribunali;
- individuazione di tutti gli elementi (nomi, indirizzi, ecc.) che devono essere cancellati per rendere anonimi le sentenze;

¹²⁶ <https://www.sace.it/chi-siamo/SIMEST>

¹²⁷ <https://www.neurorpm.com/>

- assistenza nei procedimenti di digitalizzazione dei file analogici, compresa la proposta di una struttura dei file dei documenti scannerizzati;

- estrazione di dati utili alle investigazioni da grandi masse di documenti non strutturati.

Anche in Francia esistono software basati sull'IA che, in forma “predittiva”, consentono agli utenti di conoscere, in modo anticipato, il possibile esito di un contenzioso calcolando la probabilità di successo di una delle parti in causa.

Negli Stati Uniti, infine, esiste una App “DoNotPay¹²⁸”, che si prefigge di difendere i consumatori fornendo assistenza legale automatizzata e a basso costo per questioni come il reclamo di multe per il traffico.

¹²⁸ <https://donotpay.com/>

5 Conclusioni

Al fine di rispondere alla domanda posta all’inizio delle attività di elaborazione della tesi ed espressa nel suo titolo: *Sviluppo dell’Intelligenza artificiale: un’opportunità o una minaccia?*, è stata condotta un’ampia ricerca documentale che, per effetto del continuo evolversi della materia, si è basata ampiamente sull’utilizzazione di informazioni continuamente aggiornate (fino al gennaio 2024¹²⁹) presenti sulla rete internet¹³⁰.

La prima parte della ricerca (vedi § 1) è stata tesa ad illustrare l’argomento in modo da consentire lo sviluppo di una base di conoscenza capace di rispondere ad una serie di domande introduttive all’argomento quali: cos’è e cosa si intende per Intelligenza Artificiale (IA), come è nata l’IA, esiste un solo tipo di IA, come si struttura l’IA, ecc.

La descrizione dei suoi diversi moduli di funzionamento ha completato la descrizione preliminare dell’IA fornendo gli elementi di base per comprendere i possibili effetti del suo sviluppo e che sono oggetto di continuo interesse da parte di giornali, TV, aziende, amministrazioni pubbliche, università, ecc.

L’attività conseguente (sviluppata nel § 2) è consistita nell’indagare se, alla domanda alla base della Tesi, fosse possibile rispondere tenendo conto delle caratteristiche dei diversi livelli di automazione dell’IA e della necessità di possedere le competenze richieste (alfabetizzazione all’IA) per la sua utilizzazione, con conseguente necessità, da parte delle aziende, di favorire tale processo di crescita professionale dei lavoratori.

Sulla base delle informazioni raccolte, quindi, è stato possibile comprendere che gli effetti sull’occupazione conseguenti all’avvento dell’IA implicheranno modifiche sulla struttura sociale ed economica delle società dei diversi Paesi che, allo stato attuale, non hanno tutti lo stesso livello di preparazione per accogliere questa novità tecnologica e sfruttarne proficuamente le indubbe potenzialità.

Le conseguenze dell’introduzione dell’IA in numerosi processi produttivi e/o di erogazione di servizi potrebbero essere maggiori su alcune mansioni più “esposte”, normalmente svolte da personale maggiormente qualificato che, al contempo, costituisce la componente maggiormente “reattiva” e “disponibile” ai cambiamenti rispetto alle nuove competenze richieste.

¹²⁹ Vedi <https://www.sipotra.it/wp-content/uploads/2024/01/Gen-AI-Artificial-Intelligence-and-the-Future-of-Work.pdf>, International Monetary Fund

¹³⁰ La maggior parte degli articoli e/o monografie, contenenti utili informazioni, sono stati pubblicati negli due o tre anni.

Particolarmente interessante è stata l'analisi, svolta nel § 3, delle implicazioni sociali ed economiche conseguenti all'introduzione dell'IA nel mondo del lavoro, anche attraverso la trattazione del tema relativo all'eventuale ricollocazione dei lavoratori espulsi dal mondo del lavoro perché occupati in mansioni in cui l'IA può costituire un'alternativa più economica.

Sulla base delle conoscenze acquisite nei precedenti capitoli, quindi, nel § 4 è stato sviluppato, con maggiore livello di approfondimento, il tema specifico relativo alle conseguenze del progressivo diffondersi nell'IA nel settore dell'HR e sulle possibili controindicazioni che ciò potrebbe produrre in un settore così delicato per lo sviluppo delle aziende.

I maggiori vantaggi del nuovo strumento sono costituiti dalla sua capacità di processare un enorme numero di informazioni contenuti nei Curriculum Vitae dei potenziali candidati, a patto di condurre un "addestramento" dell'IA libero da "condizionamenti" e da "errori" sempre possibili senza un adeguato processo di training del software basato su elementi e/o informazioni "neutri".

Nello stesso capitolo, infine, si è ritenuto utile definire un quadro aggiornato dell'offerta nazionale nel settore dell'IA attraverso il censimento delle principali aziende in attività ed in grado di mettere a punto modelli/software/strumenti basati sull'IA illustrando, in due casi¹³¹, alcuni esempi di esperienze condotte per clienti pubblici e privati al fine di soddisfare esigenze diverse.

E' stata, infine, messa a punto anche una panoramica di alcune esperienze condotte in ambito internazionale nei diversi settori dell'agricoltura, industria, servizi finanziari, fisco, sanità e giustizia.

Sulla base di quanto precede, quindi, la risposta sintetica che potrebbe essere fornita alla domanda alla base della presente Tesi è la seguente: *lo sviluppo dell'IA costituisce un'opportunità di progresso per l'umanità che, come tutte le innovazioni verificatesi nella storia (ad e. macchina a vapore, dinamite, elettricità, radio, energia atomica, computer, ecc.) deve essere gestita coscientemente ed utilizzata attraverso*

¹³¹ Come si è potuto riscontrare dall'esame dei siti internet delle aziende italiane del settore dell'IA, le aziende presenti sono molto restie a divulgare le proprie esperienze professionali in modo da evitare di fornire alla concorrenza elementi conoscitivi utili per sviluppare modelli simili da proporre come alternative ai clienti di nuova acquisizione.

l'adeguamento della preparazione culturale dei lavoratori che interagiranno con essa sia nei settori applicativi che in quelli di ricerca.

Al tempo stesso, come già verificatosi nel caso delle innovazioni indicate in precedenza, lo sviluppo e l'utilizzazione dell'IA dovrà essere costantemente monitorata in modo da individuare eventuali scostamenti rispetto a regole condivise che, nel caso dell'Unione Europea, sono state già messe a punto nell'Artificial Intelligence Act Proposal (vedi § 4.2.2.5): a tal proposito i Paesi che vorranno sfruttare al massimo le potenzialità offerte dall'IA dovranno seriamente affrontare la sfida costituita dall'adeguamento della loro regolamentazione normativa e giuridica, in modo da creare il più favorevole ecosistema regolatorio entro cui l'IA dovrà svilupparsi.

Particolarmente importante è il ruolo delle aziende che stanno vivendo quotidianamente una trasformazione digitale attraverso l'introduzione dell'IA che consente, non solo una maggiore efficienza dei processi, ma anche una riduzione degli errori umani oltre che un risparmio di tempo e risorse.

Le aziende, quindi, assumeranno sempre più un ruolo cruciale nel guidare l'innovazione in modo da massimizzare i benefici con la contemporanea minimizzazione dei rischi.

A dimostrazione del fatto che la componente umana resta, nonostante tutto, di fondamentale importanza, è opportuno evidenziare come il ruolo del management risulti di particolare rilevanza nell'assumere decisioni strategiche nella guida del processo di transizione verso l'IA.

6 Bibliografia

Riviste scientifiche e articoli

- Acemoglu, D., and P. Restrepo. 2022. "Tasks, Automation, and the Rise in US Wage Inequality." *Econometrica* 90 (5): 1973–2016;
- Alonso, C., A. Berg, S. Kothari, C. Papageorgiou, and S. Rehman. 2022. "Will the AI Revolution Cause a Great Divergence?" *Journal of Monetary Economics* 127: 18–37.
- Autor, D. H., F. Levy, and R. J. Murnane. 2003. "The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration." *Quarterly Journal of Economics* 118 (4): 1279–333.
- Bartel, A., C. Ichniowski, and K. Shaw. 2007. "How Does Information Technology Affect Productivity? Plant- Level Comparisons of Product Innovation, Process Improvement, and Worker Skills*." *Quarterly Journal of Economics* 122 (4): 1721–758.
- Berg, A., L. Bounader, N. Gueorguiev, H. Miyamoto, K. Moriyama, R. Nakatani, and L. F. Zanna. 2021. "For the Benefit of All: Fiscal Policies and Equity-Efficiency Trade-offs in the Age of Automation." IMF Working Paper 2021/187, International Monetary Fund, Washington, DC.
- Bergholt, D., F. Furlanetto, and N. Maffei-Faccioli. 2022. "The Decline of the Labor Share: New Empirical Evidence." *American Economic Journal: Macroeconomics* 14 (3): 163–98.
- Bersin, J., T. Mcdowell, A. Rahnema, & V. Durme, , Deloitte University Press, 2017, *The organization of the future.*, Global Human Capital Trends 2017: Rewriting the rules for the digital age.
- Bloom, N., M. Draca, and J. Van Reenen. 2015. "Trade Induced Technical Change? The Impact of Chinese Imports on Innovation, IT and Productivity." *Review of Economic Studies* 83 (1): 87–117.
- Braxton, J. Carter, and B. Taska. 2023. "Technological Change and the Consequences of Job Loss." *American Economic Review* 113 (2): 279–316.
- Brynjolfsson, E., L. Danielle, and L. R. Raymond. 2023. "Generative AI at Work." NBER Working Paper 31161, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Briggs, J., and D. Kodnani. 2023. "The Potentially Large Effects of Artificial Intelligence on Economic Growth." Goldman Sachs - Global Economics Analyst, New York.

-
- Carriere-Swallow, Y., and V. Haksar. 2019. "The Economics and Implications of Data: An Integrated Perspective," IMF Departmental Paper 2019/013, International Monetary Fund, Washington, DC.
- M. Cazzaniga, F. Jaumotte, L. Li, G. M., A. J. Panton, C. Pizzinelli, E. Rockall, and M. M. Tavares, January 2024 "Gen-AI: Artificial Intelligence and the Future of Work", International Monetary Fund, Washington, DC.
- Cirera, X., D. Comin, and M. Cruz. 2022. "Bridging the Technological Divide: Technology Adoption by Firms in Developing Countries." World Bank, Washington, DC.
- Cortes, G. M., N. Jaimovich, and H. E. Siu. 2017. "Disappearing Routine Jobs: Who, How, and Why?" *Journal of Monetary Economics* 91: 69–87.
- Cortes, G. M., N. Jaimovich, C. J. Nekarda, and H. E. Siu. 2020. "The Dynamics of Disappearing Routine Jobs: A Flows Approach." *Labour Economics* 65: 101823.
- Dao, M. C., D. Mitali, and Z. Koczan. 2019. "Why Is Labour Receiving a Smaller Share of Global Income?" *Economic Policy* 34 (100): 723–59.
- Deloitte LLP, 2014, Building your digital DNA
- Drozd, L. A., M. Taschereau-Dumouchel, and M. M. Tavares. 2022. "Understanding Growth through Automation." Research Department, Federal Reserve Bank of Philadelphia, Philadelphia, PA;
- Felten, E., M. Raj, and R. Seamans. 2021. "Occupational, Industry, and Geographic Exposure to Artificial Intelligence: A Novel Dataset and Its Potential Uses." *Strategic Management Journal* 42 (12): 2195– 217.
- Felten, E., M. Raj, and R. Seamans. 2023. "How Will Language Modelers Like ChatGPT Affect Occupations and Industries?" arXiv.org working paper.
- Gray, A., 2016, The 10 skills you need to thrive the Fourth Industrial Revolution, World Economic Forum, Geneva.
- Haksar, V., Y. Carriere-Swallow, E. Islam, A. Giddings, K. Kao, E. Kopp, and G. Quiros-Romero. 2021. "Toward a Global Approach to Data in the Digital Age," IMF Staff Discussion Note 2021/005, International Monetary Fund, Washington, DC.
- Iletzki, E., and S. Jain. 2023 June 20th. The Impact of Artificial Intelligence on Growth and Employment. VoxEU.org.
- Jamilov, R., H. Rey, and A. Tahoun. 2023. "The Anatomy of Cyber Risk." NBER Working Paper 28906, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.

-
- Kaeser, J., 2018 “The world is changing. Here’s how companies must adapt”.
- Kambourov, G., and I. Manovskii. 2009. “Occupational Mobility and Wage Inequality.” *Review of Economic Studies* 50: 731–59.
- Keller, W., 2004 “International Technology Diffusion.” *Journal of Economic Literature* 42 (3): 752–82.
- Klinova, K., and A. Korinek. 2021. “AI and Shared Prosperity.” In *Proceedings of the 2021 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society*, 645–51;
- ManpowerGroup, *Human Strengths in the Skill Revolution*
- Moll, B., L. Rachel, and P. Restrepo. 2022. “Uneven Growth: Automation's Impact on Income and Wealth Inequality.” *Econometrica* 90 (6): 2645–683.
- Moretti, A., 2017, “La nuova geografia del lavoro”.
- New Vision for Education – Unlocking the Potential of Technology*, 2015, World Economic Forum, Geneva.
- Nicoletti, G., C. V. Rueden, and D. Andrews. 2020. “Digital Technology Diffusion: A Matter of Capabilities, Incentives or Both?” *European Economic Review* 128: 103513.
- Pizzinelli, C., A. Panton, M. M. Tavares, M. Cazzaniga, and L. Li. 2023. "Labor Market Exposure to AI: Cross- Country Differences and Distributional Implications." *IMF Working Paper 2023/216*, International Monetary Fund, Washington, DC.
- Prising, J., 2018, *Skills Revolution 2.0*.
- Ricerca 2018, di Talent Shortage Survey di Manpower Group.
- Scabbio, S., Manpower Group (2018: 25ss.)
- Wootton, C. W., and B. E. Kemmerer. 2007. "The Emergence of Mechanical Accounting in the US, 1880– 1930." *Accounting Historians Journal* 34 (1): 91–124.
- Yashiro, N., T. Kyryä, H. Hwang, and J. Tuomala. 2022. “Technology, Labour Market Institutions and Early Retirement.” *Economic Policy* 37 (112): 811–49.

Monografie

“Applicazioni dell’intelligenza artificiale nella logistica” (2021),
<https://www.mecalux.it/articoli-sulla-logistica/intelligenza-artificiale-supply-chain> ;

“Assistenti virtuali nel Finance: oltre il chatbot” (2020),
<https://www.ai4business.it/robotica/chatbot/assistenti-virtuali-nel-finance-oltre-il-chatbot/> ;

Cos’è la digital transformation e i suoi 6 pilastri <https://www.startupbusiness.it/cose-la-digital-transformation-e-i-suoi-6-pilastri/89908/>

“Che cos’è l’intelligenza artificiale per la sicurezza informatica?”,
<https://www.microsoft.com/it-it/security/business/security-101/what-is-ai-for-cybersecurity> ;

“Intelligenza artificiale in sanità: cosa aspettarci dalla IA healthcare” (2023),
https://www.cgm.com/ita_it/magazine/articles/intelligenza-artificiale-in-sanita.html ;

“Intelligenza Artificiale (AI) nel Marketing: Strategie Rivoluzionarie per il Successo nel 2024” (2024), <https://lacontent.it/ai-marketing/> ;

“IoT e AI: l’Intelligenza Artificiale incontra l’Internet of Things” (2023),
https://blog.osservatori.net/it_it/intelligenza-artificiale-e-iot

“*L’intelligenza artificiale e i diritti fondamentali*” European Union Agency for Fundamental Rights, 2021 https://fra.europa.eu/sites/default/files/fra_uploads/fra-2021-artificial-intelligence-summary_it.pdf ;

“Recommendation system, cos’è, come viene utilizzato” (2023),
<https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/recommendation-system-cose-come-viene-utilizzato/> ;

Sitografia

https://deltalogix.blog/2021/11/17/robotic-process-automation-avanzata-come-crescono-i-vantaggi-per-le-aziende/?related_post_from=3475

https://deltalogix.blog/2022/06/22/automazione-dei-processi-gli-errori-da-evitare/?related_post_from=4537

https://deltalogix.blog/2023/02/22/automazione-intelligente-vantaggi-e-sfide-per-le-aziende/?related_post_from=5553

<https://deltalogix.blog/2023/06/08/dai-robot-deterministici-agli-agenti-intelligenti-come-lai-migliora-lautomazione-dei-processi/>

<https://www.iftf.org/projects/future-work-skills-2020/>

https://www.hwupgrade.it/news/scienza-tecnologia/intelligenze-artificiali-alla-prova-del-test-di-turing-un-chatbot-anni-60-batte-gpt-35_122368.html

<https://www.sipotra.it/wp-content/uploads/2024/01/Gen-AI-Artificial-Intelligence-and-the-Future-of-Work.pdf>

<https://slack.com/intl/it-it>