



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Tecniche Della Prevenzione Negli
Ambienti e Luoghi di Lavoro.

**Il ruolo dell'alfabetizzazione in materia di IA
per la sicurezza e il benessere dei lavoratori**

The role of AI Literacy on worker's safety and well-being in AI-
supported work environments

Relatore: Chiar.mo
**GIOVANNI
MAZZUTO**

Tesi di Laurea di:
**GIULIO
MENTRASTI**

A.A. 2024/2025

Indice

1 – Abstract	3
2 – Introduzione	4
2.1 – Cos'è l'intelligenza artificiale.....	5
2.2 – L'intelligenza artificiale nei luoghi di lavoro.....	6
2.3 – L'attuale diffusione della tecnologia.....	8
2.4 – Impatto sulla produzione.	9
2.5 – L'alfabetizzazione in materia di IA.....	10
3 – Obiettivo	12
4 – Materiali e metodi	13
4.1 – Scelta delle banche dati.....	14
4.2 – Scelta delle parole chiave.	15
4.3 – Criteri di inclusione.	16
4.4 – Criteri di esclusione.	16
4.5 – Processo di selezione.	16
5 – Risultati	18
5.1 – Le normative vigenti.....	23
5.2 – Tipologie di applicazione dell'IA nei luoghi di lavoro.....	31
5.3 – Rischi derivanti dall'uso dell'IA.....	36
5.4 – Come abbassare i rischi.	39
5.5 – Il ruolo dell'alfabetizzazione.	44
5.6 – I programmi di alfabetizzazione e di formazione.	45
6 – Discussione	50
6.1 – Sintesi dei risultati.	50
6.2 – Interpretazione a luce del quadro normativo.	53
6.3 – Implicazioni per la prevenzione.....	54
6.4 – Limiti dello studio.....	56
7 – Conclusioni	57
8 – Bibliografia e sitografia	58

1 – Abstract.

L'elaborato si propone di esaminare l'Intelligenza Artificiale (IA) attraverso una revisione narrativa della letteratura, soffermandosi su come questa possa influenzare le condizioni lavorative. In particolare, si illustrerà cosa sia l'IA, quali siano le tipologie esistenti più diffuse e i principali utilizzi nei luoghi di lavoro, come l'alfabetizzazione in materia abbia un ruolo centrale per una corretta implementazione nei processi produttivi. Il tutto è inserito in una cornice legislativa e prevenzionistica, in quanto verranno analizzate le principali norme vigenti e i rischi introdotti dalla nuova tecnologia.

2 – Introduzione.

L'intelligenza artificiale sta rivoluzionando il nostro mondo. Questa tecnologia sta trasformando profondamente i sistemi economici, produttivi e sociali, incidendo sull'organizzazione del lavoro, sui ruoli professionali e sulle modalità di interazione tra uomo e macchina. Negli ultimi anni, grazie alla crescente disponibilità di dati, all'aumento della capacità computazionale e allo sviluppo di algoritmi sempre più sofisticati, l'IA si è rapidamente diffusa in molteplici ambiti applicativi, tra cui quello lavorativo e industriale. L'introduzione di sistemi di intelligenza artificiale nei luoghi di lavoro comporta una duplice dimensione. Da un lato, offre significative opportunità in termini di incremento della produttività, ottimizzazione dei processi e miglioramento delle condizioni operative. Dall'altro, introduce nuovi rischi di natura tecnica, organizzativa, psicologica ed etica. Tali rischi non derivano esclusivamente dalla tecnologia in sé, ma emergono soprattutto dalle modalità con cui essa viene progettata, implementata e utilizzata all'interno dei contesti produttivi. È quindi necessario adottare un approccio integrato che consideri l'IA come un fenomeno socio-tecnico, in cui tecnologia, organizzazione e fattore umano risultano strettamente interconnessi.

In questo scenario, assume un ruolo centrale il concetto di alfabetizzazione in materia di intelligenza artificiale (AI literacy). Questo termine si riferisce all'insieme di conoscenze, competenze e capacità critiche che consentono ai lavoratori di comprendere il funzionamento, le potenzialità e i limiti dei sistemi di IA. L'alfabetizzazione non si limita all'acquisizione di competenze tecniche, ma include anche la consapevolezza dei rischi, degli impatti etici e delle implicazioni organizzative connesse all'uso della tecnologia. Essa rappresenta un elemento chiave per garantire un'integrazione efficace e sicura dell'IA nei processi produttivi, favorendo una collaborazione uomo-macchina consapevole e riducendo i rischi emergenti.

Alla luce di queste considerazioni, è importante analizzare l'impatto dell'intelligenza artificiale sulle condizioni di lavoro, sulla salute e sicurezza dei lavoratori e sui processi organizzativi. Questo esame deve essere inserito all'interno del quadro normativo vigente, con particolare riferimento al Regolamento (UE) 2024/1689 (AI Act) e alla normativa nazionale in materia di salute e sicurezza sul lavoro. Solo così potremo comprendere appieno le implicazioni pratiche per le organizzazioni e trasformare una potenziale fonte di rischio in un'opportunità di miglioramento delle condizioni lavorative.

2.1 – Cos'è l'intelligenza artificiale.

L'espressione IA viene comunemente utilizzata per descrivere sistemi informatici in grado di generare output finalizzati al raggiungimento di obiettivi specifici, adattandosi ai dati e agli stimoli provenienti dall'ambiente fisico o digitale. Tuttavia, il termine IA costituisce una disciplina scientifica che studia i metodi per progettare sistemi capaci di simulare alcune funzioni tipiche dell'intelligenza umana, come il ragionamento, l'apprendimento, la percezione e la risoluzione di problemi. L'obiettivo è sviluppare macchine in grado di svolgere compiti considerati "intelligenti", attraverso processi di apprendimento automatico e adattamento progressivo.

Un contributo fondamentale alla definizione del concetto di intelligenza artificiale è stato fornito da Alan Turing. Nell'articolo *Computing Machinery and Intelligence* [1], Turing propone un criterio operativo per valutare l'intelligenza di una macchina: la capacità di sostenere un'interazione linguistica tale da risultare indistinguibile da un essere umano. Secondo Turing, una macchina può essere considerata intelligente se è in grado di apprendere dall'esperienza, migliorare le proprie prestazioni e combinare le informazioni disponibili per formulare deduzioni, anche commettendo errori in modo analogo agli esseri umani. La sua prospettiva, di natura funzionalista, si concentra quindi sugli output prodotti dal sistema, indipendentemente dai processi interni che li generano.

Le prime implementazioni di sistemi "intelligenti" si sono sviluppate attraverso modelli di reti neurali artificiali, ispirati al funzionamento delle reti neurali biologiche. Nelle reti biologiche l'apprendimento avviene tramite la modifica delle connessioni sinaptiche tra neuroni in risposta agli stimoli esterni; le reti neurali artificiali riproducono questo meccanismo attraverso strutture composte da neuroni artificiali (unità computazionali) organizzati in livelli. Tali reti elaborano informazioni, applicando pesi e *bias* ai segnali in ingresso, producendo un output che viene progressivamente ottimizzato tramite processi di addestramento, in particolare attraverso il *machine learning*. Durante il training, il sistema riceve grandi quantità di dati e apprende come risolvere un compito specifico, che prende il nome di *task*, correggendo in modo autonomo i propri errori attraverso meccanismi di *feedback*.

Negli ultimi anni, l'evoluzione delle tecniche di apprendimento ha portato allo sviluppo dei *Large Language Models* (LLM), sistemi addestrati su vasti testi con l'obiettivo di

acquisire competenze linguistiche avanzate. Questi modelli rientrano nell'ambito del *Natural Language Processing* (NLP), che comprende tecniche finalizzate all'analisi e alla generazione del linguaggio naturale. Sebbene tali sistemi mostrino capacità notevoli nella produzione di testi coerenti, essi non possiedono consapevolezza, intenzionalità o creatività autonoma: gli output generati derivano esclusivamente dai dati forniti durante l'addestramento e da come questi sono stati interpretati dalla macchina.

I LLM prima citati appartengono alla famiglia delle "IA generative". Queste tipologie di IA nascono per generare testi, immagini o codici di programmazione. utilizzabili in lavori cognitivi, assistenza clienti o come ausilio nella programmazione.

Esistono però altre tipologie di sistemi di IA.

Nei contesti industriali è maggiormente diffusa l'"IA non generativa" il cui scopo è analizzare enormi quantità di dati al fine di formulare previsioni e ottimizzare i processi produttivi.

Infine, possiamo trovare dei sistemi di IA "multimodali" in grado di elaborare e integrare informazioni provenienti da più modalità o tipi di dati: quindi capaci sia di generare testi o immagini sia di comunicare con eventuali sensori. Per esempio, assistenti digitali in grado di comprendere istruzioni vocali generano azioni fisiche.

I sistemi di IA possono operare con diversi livelli di autonomia e possono essere integrati in prodotti, processi o servizi, sia come componenti indipendenti sia come moduli a supporto delle attività umane. Nonostante i progressi tecnologici, l'IA rimane uno strumento: la qualità dei risultati dipende dalla comprensione che gli operatori hanno del suo funzionamento, dei suoi limiti e delle condizioni di utilizzo appropriato.

Questa considerazione assume particolare rilevanza nei contesti lavorativi, dove l'IA viene sempre più impiegata per supportare processi decisionali, automatizzare attività ripetitive, migliorare la sicurezza e ottimizzare la produttività. L'efficacia e la sicurezza dell'integrazione dell'IA nei luoghi di lavoro dipendono non solo dalla qualità dei sistemi adottati, ma anche dal livello di alfabetizzazione digitale e di *AI literacy*.

2.2 – L'intelligenza artificiale nei luoghi di lavoro.

Nei tempi recenti l'intelligenza artificiale (IA) si è diffusa a macchia d'olio in tutti gli ambiti delle nostre vite e, inevitabilmente, anche la sfera lavorativa ne è stata influenzata. Possiamo affermare che l'IA sta ormai trasformando il mondo del lavoro. Questa nuova

tecnologia è in grado di modificare sia le condizioni di impiego che quelle di salute e sicurezza dei lavoratori.

Con condizioni di impiego si intendono fattori come: la durata dei contratti lavorativi, salario, ore lavorative e rappresentanza sindacale. Diversi studi hanno sottolineato come questi fattori sono legati alla salute mentale dei lavoratori, al tasso di infortuni sul lavoro e alla percezione del lavoro stesso (intesa come soddisfazione lavorativa o sviluppo di stress lavorativo).

Per comprendere come l'intelligenza artificiale si inserisca nel percorso evolutivo del lavoro, è utile ricordare che ogni rivoluzione industriale è stata caratterizzata dall'introduzione di una tecnologia capace di trasformare profondamente i processi produttivi

In questo caso, l'implementazione dell'IA nei luoghi di lavoro è diventata parte integrante della nuova rivoluzione industriale, dando vita all' "L'industria 4.0".

La prima rivoluzione industriale è avvenuta nel 1800 ed ha introdotto le macchine a vapore; queste hanno aumentato esponenzialmente la produttività. La seconda rivoluzione industriale è invece caratterizzata dall'introduzione dell'elettricità nei luoghi di lavoro agli inizi del 1900. Con l'avvento dei computer, durante la seconda metà del 1900, nasce l'industria 3.0 caratterizzata da telecomunicazioni e dalla disciplina informatica. Dal 1980 inizia un processo di "de-industrializzazione" in favore del settore terziario. All'inizio degli anni 2000 avviene la quarta rivoluzione industriale attraverso l'implementazione nel processo produttivo di robot, intelligenza artificiale, automazione dei processi e dell'"*Internet of Things*" (IoT).

La quarta rivoluzione industriale ha modificato i processi produttivi in modo tale da renderli autonomi e digitali tramite il concetto di "*Smart Factory*".

L'adozione di tecnologie quali "*Big Data Analytics*", intelligenza artificiale e "*digital twins*" ha profondamente modificato la produzione industriale, introducendo nuovi livelli di automazione e controllo della qualità.

Con il termine IA si indicano una serie di tecnologie, tutte basate su complessi algoritmi ed enormi banche dati, che hanno lo scopo di ricoprire funzioni che normalmente necessitano di intelligenza umana. Queste funzioni all'interno dei luoghi di lavoro possono includere: la formulazione di previsioni, il riconoscimento di *patterns* e l'automazione di diverse funzioni, ma anche la gestione organizzativa dell'azienda in sé.

Questi utilizzi dell'IA nei luoghi di lavoro creano nuovi rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori nonché problemi legati all'identificazione delle varie responsabilità aziendali riconosciute dalle leggi ora in vigore.

2.3 – L'attuale diffusione della tecnologia.

Le piccole e medie imprese, le quali rappresentano la maggioranza sul territorio nazionale (identificate dalla direttiva europea n. 2003/34/UE), potrebbero trovare difficoltà nell'implementare le tecnologie offerte dall'industria 4.0, a causa: dei costi elevati, carenza di competenze e difficoltà verso l'aggiornamento tecnologico dei processi produttivi già esistenti. Eppure, dai risultati raccolti dall'ufficio statistico dell'Unione Europea (Eurostat) emerge che l'utilizzo dell'IA nelle imprese con almeno 10 lavoratori, durante il 2024 e il 2025 è raddoppiato nei luoghi di lavoro, passando dall'8% al 16%. Gli ambiti applicativi più diffusi riguardano analisi dei dati, marketing, ricerca, sviluppo e assistenza ai clienti, mentre l'utilizzo dell'IA nel settore industriale rimane al 7,5%, ma si stima che il 35% delle industrie nel settore manifatturiero stia considerandone l'implementazione nei processi produttivi.

Il 33% delle aziende europee ha adeguatamente integrato sistemi autonomi nei propri processi produttivi. Il 24% delle aziende europee utilizza algoritmi per autonomizzare i processi produttivi e affiancare nella presa di decisioni. Il 16% utilizza sistemi in grado di identificare oggetti o personale basandosi su sole immagini, mentre solo l'8% impiega algoritmi per lo spostamento autonomo di macchinari. Tra queste solo il 5% circa appartiene al settore manifatturiero [2].

Da quando emerge da un'indagine svolta dal Centro Studi di Confindustria a dicembre del 2025, meno della metà delle imprese che hanno avviato processi di adozione dell'intelligenza artificiale (43,7%) ha già intrapreso interventi di revisione dei processi interni finalizzati a gestire l'impatto sulle risorse umane. Le azioni più diffuse riguardano l'attivazione di percorsi di formazione interna, il ricorso a consulenze specializzate e l'assunzione di nuovi profili tecnici. Ne deriva che molte organizzazioni avanzano sul piano tecnologico, ma risultano meno pronte sul versante dell'aggiornamento delle competenze e della pianificazione formativa. Non sorprende, infatti, che la carenza di competenze interne rappresenti la principale criticità (36,7%), seguita dalla complessità di integrazione dell'IA nei processi esistenti e dai costi ancora elevati.

Tra le imprese che non hanno ancora avviato iniziative in questo ambito, gli ostacoli maggiormente segnalati riguardano la mancanza di competenze adeguate (58,6%), l'assenza di un quadro normativo sufficientemente chiaro (47,3%), la scarsa disponibilità o qualità dei dati necessari (45,2%), le preoccupazioni relative alla privacy e alla protezione dei dati (43,2%), i costi elevati (43,0%) e, in misura minore, le considerazioni di natura etica (25,7%) [3].

2.4 – Impatto sulla produzione.

L'intelligenza artificiale consente un aumento della produttività grazie all'automazione di compiti ripetitivi e all'ottimizzazione dei processi interni, riducendo il carico di lavoro per i dipendenti e migliorando la qualità delle attività svolte.

Inoltre, permette di prendere decisioni più accurate e basate sui dati, poiché gli algoritmi analizzano grandi volumi di informazioni in tempo reale, facilitando scelte più rapide e informate.

L'Organizzazione per la Cooperazione e per lo Sviluppo Economico (OECD) nel 2024, attraverso la pubblicazione dell'articolo *“The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth: Key mechanisms, initial evidence and policy challenges”*, ha identificato come l'intelligenza artificiale possa aumentare la produttività in vari settori. Sebbene il documento si concentri prevalentemente su servizi e compiti intellettuali, vi è riportato anche come il settore manifatturiero rappresenta uno dei contesti in cui l'adozione dell'intelligenza artificiale può generare i maggiori incrementi di produttività. Il documento dell'OECD evidenzia che il settore manifatturiero è tra i settori con più alta domanda di competenze di IA e con un livello di adozione superiore rispetto a molte altre attività produttive. I contesti industriali sono ad oggi un'ottima occasione per l'integrazione di sistemi di IA; l'IA può migliorare la produttività grazie a manutenzione predittiva, controllo della qualità, ottimizzazione dei processi produttivi e all'integrazione con tecnologie robotiche (applicazioni definite “non generative”). Questa complementarità tra IA e robotica è particolarmente rilevante per il settore manifatturiero, dove l'automazione fisica è già diffusa e può essere ulteriormente potenziata da sistemi di apprendimento automatico.

Gli studi citati dall'OECD mostrano che l'adozione di AI non-generativa nei processi produttivi porta a incrementi di produttività tra il 3% e l'11% [4].

Oltre ai benefici riscontrati in termini di produzione e produttività, l'OECD riporta che anche i lavoratori del settore manifatturiero percepiscono benefici significativi dall'uso dell'AI. In un sondaggio del 2022 si nota come le risposte fornite dai lavoratori del settore secondario siano in linea con quelle dei lavoratori del settore terziario, dove l'IA è usata maggiormente. In particolare, i lavoratori manifatturieri dichiarano miglioramenti in: performance, sicurezza fisica, benessere mentale e soddisfazione lavorativa.

Nel medesimo documento vengono riportate anche le limitazioni della tecnologia: costi elevati (a causa della necessità di: dati di qualità, infrastrutture digitali, riorganizzazione dei processi e integrazione con macchine già presenti), concentrazione della tecnologia nelle grandi imprese (limitando l'accesso alle PMI) e la carenza di competenze ibride (meccatronica e IA).

In sintesi, il documento dell'OECD evidenzia che il settore manifatturiero presenta un elevato potenziale di crescita della produttività grazie all'adozione di sistemi di intelligenza artificiale, in particolare attraverso applicazioni non generative integrate con robotica, sensoristica e automazione avanzata. Tuttavia, le opportunità offerte da queste tecnologie autonome risultano limitate da costi di implementazione e, soprattutto, la carenza di competenze specialistiche necessarie per sviluppare, integrare e utilizzare efficacemente soluzioni AI.

2.5 – L'alfabetizzazione in materia di IA.

A livello legislativo l'utilizzo dell'IA è inquadrato dal Regolamento (UE) 2024/1689 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 13 giugno 2024, o "AI Act".

All'articolo 4, il regolamento impone:

“I fornitori e i deployer dei sistemi di IA adottano misure per garantire...un livello sufficiente di alfabetizzazione in materia di IA del loro personale nonché di qualsiasi altra persona che si occupa del funzionamento e dell'utilizzo dei sistemi di IA per loro conto, prendendo in considerazione le loro conoscenze tecniche, la loro esperienza, istruzione e formazione, nonché il contesto in cui i sistemi di IA devono essere utilizzati, e tenendo conto delle persone o dei gruppi di persone su cui i sistemi di IA devono essere utilizzati.”

Lo stesso regolamento definisce l'alfabetizzazione in materia di IA come: “le competenze, le conoscenze e la comprensione che consentono ai fornitori, ai *deployer* e alle persone interessate, tenendo conto dei loro rispettivi diritti e obblighi nel contesto del presente regolamento, di procedere a una diffusione informata dei sistemi di IA, nonché di acquisire consapevolezza in merito alle opportunità e ai rischi dell'IA e ai possibili danni che essa può causare”. (articolo 3, punto 56).

L'alfabetizzazione sull'IA non riguarda solo il saper usare strumenti di IA, ma include tre dimensioni fondamentali: conoscenze tecniche di base, consapevolezza critica e comprensione etico-sociale. Questa pratica consente ai lavoratori di sviluppare fiducia e accettazione verso la nuova tecnologia al fine di garantire una collaborazione uomo-macchina efficiente. Ma l'alfabetizzazione non serve solo a ridurre paura e resistenza, in quanto può trasformare il ruolo del lavoratore, rendendolo: più competente, più autonomo, più coinvolto nei processi decisionali e più capace di collaborare con l'IA in modo critico e non passivo.

In conclusione, l'alfabetizzazione in materia di IA non è solo una competenza tecnica, ma un fattore abilitante di autonomia, significato e partecipazione attiva. È un ottimo ponte verso i temi del benessere, della motivazione e della collaborazione uomo-IA.

In questo quadro, la distanza tra l'adozione tecnologica e l'aggiornamento delle competenze (evidenziata dai dati di Confindustria) non è un semplice ritardo organizzativo, ma il vero punto critico che determina l'efficacia, la sicurezza e la sostenibilità dell'introduzione dell'IA nei contesti produttivi. L'alfabetizzazione sull'IA, così come definita dall'AI Act, rappresenta quindi non solo un requisito normativo, ma la condizione abilitante che permette alle imprese di colmare questo divario: trasforma la tecnologia da fattore di rischio a risorsa e rende possibile una collaborazione uomo-IA che sia davvero orientata al benessere, alla partecipazione e alla qualità del lavoro. L'alfabetizzazione sull'IA è il punto di partenza per un'integrazione responsabile e realmente efficace dell'intelligenza artificiale nei processi aziendali.

3 – Obiettivo.

L'obiettivo è analizzare la convivenza dei lavoratori con i sistemi di intelligenza artificiale evidenziandone la rilevanza nell'attività di prevenzione contemporanea e come questa sia influenzata dall'alfabetizzazione. Il problema affrontato si colloca all'interno dei moderni contesti produttivi, nei quali l'introduzione di algoritmi autonomi sta modificando processi, ruoli professionali e modalità di interazione uomo–macchina.

Il lavoro mira a comprendere come questo fenomeno influenzi la qualità della vita lavorativa, della sicurezza del lavoratore e il ruolo della formazione, mettendo in luce gli aspetti organizzativi, ergonomici ed educativi coinvolti. Per definire in modo accurato la portata del problema è stata condotta una rassegna della letteratura scientifica attraverso la consultazione di banche dati quali: Google Scholar, Scienze Direct, PubMed, CAD di Ateneo e altre fonti accademiche pertinenti come pagine di ricerca di vari *journal*, come MDPI.

L'obiettivo finale è offrire una sintesi critica delle evidenze disponibili, individuare le implicazioni per la pratica prevenzionistica e proporre possibili direzioni di miglioramento nella gestione dei processi produttivi assistiti da sistemi di intelligenza artificiale, con particolare attenzione alla tutela della salute e sicurezza dei lavoratori.

4 – Materiali e metodi.

Il problema oggetto di studio riguarda l’impatto dell’introduzione di sistemi di intelligenza artificiale nei contesti lavorativi e le implicazioni per la salute e la sicurezza dei lavoratori, soffermandosi sul come la formazione, o l’alfabetizzazione, possa essere tramite per un’integrazione ottimale di questa tecnologia. Per definire in modo sistematico il quesito di ricerca è stato utilizzato il modello PICO:

- P – Population: lavoratori impiegati in contesti produttivi o organizzativi in cui sono presenti sistemi di intelligenza artificiale ad alto rischio o algoritmi autonomi.
- I – Intervention / Exposure: introduzione, utilizzo o interazione con sistemi di IA, automazione intelligente, algoritmi decisionali o robot collaborativi.
- C – Comparison: lavoratori con basso, o assente, livello di alfabetizzazione in confronto con lavoratori con alto livello di alfabetizzazione.
- O – Outcomes: effetti sulla sicurezza, sul benessere lavorativo, sulla qualità della vita professionale, sui rischi emergenti e sulle esigenze formative.

Da questo deriva il quesito di ricerca: “Quali sono gli effetti dell’introduzione di sistemi di intelligenza artificiale sulla sicurezza, sul benessere e sulla prevenzione nei luoghi di lavoro e come cambiano in rapporto al livello di alfabetizzazione dei dipendenti?”

Il lavoro adotta un approccio compilativo basato su una revisione narrativa della letteratura. Tale metodologia è stata scelta per rispondere al quesito di ricerca definito tramite modello PICO, consentendo di raccogliere, selezionare e analizzare contributi scientifici e istituzionali eterogenei relativi all’impatto dell’intelligenza artificiale sulla sicurezza e sul benessere dei lavoratori.

L’analisi della letteratura è stata condotta seguendo una metodologia definita sulla base del modello PICO e adattata alla natura interdisciplinare del tema (sicurezza sul lavoro, ergonomia, psicologia del lavoro, tecnologia e formazione).

4.1 – Scelta delle banche dati.

Sono state selezionate sia pubblicazioni ufficiali (regolamenti europei, leggi nazionali o linee guida ministeriali e documenti INAIL) che banche dati ampiamente utilizzate nella ricerca scientifica internazionale, tra cui: Google Scholar, ScienceDirect, PubMed, CAD di Ateneo e portali editoriali come MDPI.

Questa scelta ha permesso di intercettare studi provenienti da diverse aree disciplinari (ergonomia, medicina del lavoro, ingegneria e scienze sociali) e di confrontarle con le normative vigenti e le linee guida istituzionali.

PubMed è stato utilizzato per ricercare studi clinici inerenti ad ergonomia e sicurezza tramite la stringa:

("artificial intelligence" OR "AI systems" OR "machine learning") AND ("occupational health" OR "workplace safety" OR "ergonomics") AND ("training" OR "digital skills" OR "AI literacy").

Filtri applicati: “All fields”, Publication date: “5 years”, “Full Text” e “Free Full Text” e Article type: “Review” e “Systematic Review”.

Science Direct è stato utilizzato per esplorare ambiti più ampi (industria, automazione, sicurezza), tramite la stringa:

("artificial intelligence" OR "robotics" OR "automation") AND ("workplace" OR "industry" OR "manufacturing") AND ("safety" OR "risk" OR "human-machine collaboration").

Filtri applicati: Years: 2018-2026.

MDPI è stato usato per cercare pubblicazioni più affini a processi industriali e sicurezza sul lavoro grazie alla seguente stringa:

"artificial intelligence" AND ("worker safety" OR "manufacturing" OR "occupational health" OR "occupational health").

Filtri applicati: Journals: “All journals”, Article Type: “Review”, “Systematic Review” e “Case Report”, Subjects: “Public Health & Healthcare”, “Business & Economics”, “Engineering”, “Computer Science & Mathematics” e “Social Sciences, Arts and Humanities”.

Google Scholar è stato utilizzato per ricerche esplorative tramite le parole chiave: “workplace safety”, “AI literacy” e “occupational health”, impostate nel campo “con tutte le parole” e con la restrizione “ovunque nell’articolo”.

Oltre alla selezione iniziale degli articoli dalle banche dati, si è analizzato le citazioni presenti nei lavori individuati. L'esame sistematico delle citazioni ha permesso di identificare ulteriori pubblicazioni pertinenti al quesito di ricerca, ampliando così le fonti e garantendo una copertura più completa e aggiornata del tema.

4.2 – Scelta delle parole chiave.

Le parole chiave sono state organizzate in modo gerarchico, individuando una *keyword* principale e un insieme di parole chiave secondarie utilizzate per contestualizzare e restringere progressivamente la ricerca.

La parola chiave principale utilizzata per avviare la ricerca è stata: *“artificial intelligence” / “intelligenza artificiale”*

Questa scelta riflette il focus del quesito PICO, che richiede di analizzare l'impatto dell'IA nei luoghi di lavoro.

Per circoscrivere la ricerca al contesto lavorativo, la parolachiave principale è stata combinata con termini relativi all'ambiente di applicazione: *“workplace”, “luoghi di lavoro”, “industry”, “enterprises”*.

La combinazione utilizzata maggiormente usata è stata: *“artificial intelligence” AND (“workplace” OR “industry” OR “enterprises”)*.

Per individuare studi che trattassero gli effetti dell'IA sulla salute e sicurezza, sono stati aggiunti ulteriori termini: *“workplace safety”, “occupational health”, “rischi psicosociali digitalizzazione”*

Infine, per intercettare studi relativi alla formazione e alle competenze digitali, sono state aggiunte parole chiave specifiche: *“AI literacy”, “alfabetizzazione digitale”, “formazione”, “digital skills”*.

Per cui per restringere i risultati si è usata la combinazione: *“artificial intelligence” AND “workplace” AND (“AI literacy” OR “digital skills” OR “formazione”)*.

Le ricerche sono state condotte applicando progressivamente queste combinazioni, partendo dalla *keyword* principale e aggiungendo via via i livelli successivi per: ampliare la ricerca iniziale e poi restringerla al contesto lavorativo e focalizzarla sugli aspetti di sicurezza. Infine, si sono selezionati gli studi pertinenti alla formazione e all'alfabetizzazione.

4.3 – Criteri di inclusione.

Durante la ricerca sono stati inclusi gli studi che soddisfacevano il quesito per: tematica (lavori che analizzano l'impatto dell'IA sulla sicurezza, salute, ergonomia, benessere o organizzazione del lavoro), tipologia di documento (revisioni sistematiche, studi osservazionali, linee guida, report istituzionali), periodo di pubblicazione (documenti pubblicati negli ultimi 5 anni) e per lingua (per garantire accessibilità).

La scelta di questi criteri è motivata dalla necessità di includere studi empirici e documenti istituzionali che abbiano rilevanza diretta per la prevenzione nei luoghi di lavoro.

4.4 – Criteri di esclusione.

Sono stati esclusi: studi puramente tecnici sull'IA privi di riferimento al contesto lavorativo, articoli privi di adeguato rigore metodologico, studi focalizzati su IA non rilevante per la sicurezza e inerenti a contesti non lavorativi (es. IA in ambito educativo, sanitario, consumer).

Questi criteri sono stati adottati per mantenere la coerenza con il quesito PICO e garantire che le evidenze fossero applicabili ai luoghi di lavoro.

4.5 – Processo di selezione.

Dopo la ricerca iniziale, si sono ottenuti circa 770 documenti, i quali sono stati sottoposti a un processo di selezione, con l'obiettivo di garantire coerenza e pertinenza rispetto al quesito PICO. In un primo momento è stato effettuato uno screening dei titoli, utile a escludere rapidamente gli articoli non pertinenti. Successivamente, per le pubblicazioni rimaste, circa 150, è stata analizzata la struttura degli abstract, così da verificare se gli studi affrontassero effettivamente aspetti legati alla sicurezza, al benessere, all'organizzazione del lavoro o all'alfabetizzazione digitale.

Solo gli articoli che superavano questa seconda fase sono stati letti integralmente. La lettura completa ha permesso di valutare la qualità metodologica dei lavori, la solidità delle evidenze presentate e, soprattutto, la loro capacità di rispondere al quesito di ricerca definito tramite modello PICO. Gli studi che non fornivano contributi rilevanti, che trattavano l'IA in modo puramente tecnico o che non presentavano collegamenti significativi con la salute e sicurezza dei lavoratori sono stati esclusi. Al termine di questo

processo sono stati selezionati solo gli articoli che offrivano elementi utili per comprendere l'impatto dell'intelligenza artificiale sulla prevenzione, sul benessere e sulla formazione nei luoghi di lavoro, per un totale di 25 articoli inclusi nella revisione finale. I filtri adottati hanno quindi permesso di trovare documenti che analizzano strettamente l'impatto dell'IA sulla sicurezza nei luoghi di lavoro.

Tuttavia, la selezione è stata influenzata da alcuni limiti: le poche ma molto precise parole chiave hanno ridotto esponenzialmente i risultati disponibili anche poiché il tema è ancora in evoluzione, soprattutto per quanto riguarda l'alfabetizzazione ai sensi del regolamento europeo. Inoltre, i criteri di esclusione hanno ridotto nuovamente il numero di articoli disponibili, in quanto privilegiano lavori con un chiaro riferimento alla sicurezza sul lavoro ma lasciando fuori contributi più tecnici che avrebbero potuto offrire ulteriori spunti interpretativi.

Nel complesso, i filtri applicati si sono rivelati efficaci nel selezionare documenti pertinenti ma hanno anche evidenziato la necessità di integrare la ricerca con report istituzionali e linee guida per compensare la scarsità di studi sul tema dell'alfabetizzazione in materia di IA nei contesti produttivi.

5 – Risultati.

Dall'analisi della letteratura sono emersi diversi punti di vista ma tutti uniti da un principio comune: nonostante l'IA migliori la produttività e le condizioni di lavoro essa stessa è oggettivamente fonte di rischi di varia natura. Diversi studi convergono sul fatto che l'IA migliori la sicurezza dei lavoratori:

“With the rise of Industry 4.0 and AI integration, human involvement is being reduced in areas where constant attention is needed to prevent serious hazard... Moreover, AI-driven decision support systems can automatically adjust and control system settings, maintaining safe operational parameters and following predefined safety guidelines, ensuring steady and reliable control in industrial environments.” [5].

Lo stesso documento riporta come la visione artificiale e la manutenzione predittiva riducano incidenti e guasti.

Idea evidenziata anche da altri studi i quali discutono come la tecnologia si stia evolvendo; infatti, l'IA non è più limitata alle sole macchine industriali o a sistemi di visione, ma ora può essere integrata anche nei Dispositivi di Protezione Individuali:

“Over the past few years, studies have also explored the utilization of AI in the manufacturing sector. This integration not only interconnects the industry but also maximizes the safety and security of workers. With the advent of smart PPE and wearable technologies, it becomes feasible to gather data regarding both the workforce and their surroundings.” [6].

Entrambi i due elaborati sopra citati sono però estremamente ottimisti in quanto si limitano ad illustrare come l'intelligenza artificiale migliori la produttività e completi le misure di protezione e prevenzione senza elencare gli ostacoli presenti per un suo corretto e sicuro utilizzo. Come qualsiasi altra tecnologia anche l'intelligenza artificiale porta con sé dei nuovi rischi all'interno dei luoghi di lavoro. Data la peculiare natura dei sistemi di IA, legata all'elevata plasticità, i rischi derivanti da essa sono di svariata natura e strettamente correlati sia al tipo di algoritmo utilizzato che alle modalità di impiego.

Il rischio più rilevante è sicuramente rappresentato dall'effetto che l'adozione di queste macchine autonome ha sulla psiche dei lavoratori, in quanto questo è introdotto sia in luoghi prettamente industriali che appartenenti al settore terziario:

“However, this transition (nel contesto dell’adozione di tecnologie autonome) also introduces significant mental health risks, including job security stress and the pressure to quickly acquire new skills” [7].

I sistemi di IA, infatti, interferiscono con la percezione del lavoro da parte del lavoratore in quanto automatizzano la mansione in sé, rendendo teoricamente “inutile” il personale umano. C'è da precisare che se è vero che determinate mansioni ripetitive potrebbero essere in futuro sempre meno affidate a lavoratori (come per la gestione dei magazzini, infatti, sempre più aziende si affidano a sistemi robotici automatizzati per mansioni di stoccaggio) è altrettanto vero che ci sarà sempre bisogno di personale umano che supervisioni i sistemi autonomi, obbligatoriamente nel caso in cui siano ad alto rischio ai sensi del regolamento europeo. Quindi, l'introduzione dell'IA non porta con sé un calo diretto dei posti di lavoro ma sicuramente impone un cambiamento nelle conoscenze e abilità richieste ai lavoratori. Saranno sempre di più le aziende in cerca sia di personale specializzato (come ingegneri informatici al fine della corretta implementazione della tecnologia), sia di personale non specializzato ma con conoscenze tali da permettere la collaborazione diretta con sistemi autonomi.

Per questi motivi, nelle aziende che già stanno implementando la nuova tecnologia, si chiede ai lavoratori di migliorare le proprie conoscenze in materia. Questo non fa altro che aumentare lo stress lavorativo. Inoltre, i rischi psicosociali aumentano in caso di sistemi operanti come “*black box*” o scarsamente compresi dai lavoratori. Non a caso gli studi trovati affermano che:

“To effectively navigate these challenges, organizations must adopt a balanced approach by implementing comprehensive training programs that not only strengthen employees’ skills but also prepare them psychologically for technological changes” [7].

Gli studi sottolineano l'importanza di affiancare alla formazione tecnica un percorso di preparazione psicologica. L'introduzione di sistemi di IA, come detto in precedenza, non modifica soltanto le competenze richieste, ma incide sulla percezione del ruolo professionale, sul senso di controllo e sulla sicurezza occupazionale. Per questo motivo la letteratura suggerisce programmi di alfabetizzazione che includano non solo l'acquisizione di nuove abilità tecniche, ma anche interventi mirati a ridurre l'ansia da cambiamento, a rafforzare la fiducia nei sistemi autonomi e a sviluppare un atteggiamento positivo verso l'innovazione.

“Employees’ fear of losing their jobs, surveillance, and loss of control and autonomy is often driven by a lack of understanding or a misunderstanding about AI... AI literacy is an important antecedent of employee trust in organizations... Trust in organizational new technologies predicts the acceptance and usage of those technologies... The degree to which an organization provides transparent reasoning leads to enhanced employee trust...” [8],

Cosa promossa anche dal regolamento europeo stesso. Nella definizione di alfabetizzazione in materia di IA, oltre alla parte di nozioni tecniche, si aggiunge: *“...nonché di acquisire consapevolezza in merito alle opportunità e ai rischi dell'IA e ai possibili danni che essa può causare”*. Il fine ultimo dell'alfabetizzazione è infatti quello di formare del personale capace di prendere decisioni informate in merito ai sistemi di IA. L'alfabetizzazione in materia di IA dovrebbe fornire a tutti gli attori dell'organizzazione aziendale, e ai singoli lavoratori, le conoscenze necessarie per garantire l'adeguata conformità e la sua corretta esecuzione.

Oltre a fornire le conoscenze necessarie per un utilizzo corretto, l'alfabetizzazione ha un ruolo cruciale nell'aiutare i lavoratori ad abbracciare il cambiamento sotto ogni aspetto. Evidenze tratte da questionari indicano che una maggiore alfabetizzazione è associata a migliori percezioni di controllo sul lavoro e soddisfazione. Livelli più elevati di alfabetizzazione incrementano il senso di autonomia e competenza.

“The results show that Generative AI Literacy has a significant positive impact on job performance ($B = 0.680, p < 0.001$), with Creative Self-Efficacy playing a partial mediating role (indirect effect = 0.537).” [9]

Training digitali potenziano la motivazione, favorendo maggiore soddisfazione lavorativa. L'adozione dell'IA può aumentare il benessere se implementata con attenzione all'organizzazione dei compiti e alla sicurezza.

La letteratura sui benefici concreti dell'alfabetizzazione all'IA in ambito lavorativo è ancora limitata.

Tuttavia, studi comparativi (tra lavoratori formati e non) scarseggiano. Si sono riscontrati pochi studi, e principalmente nel campo dell'istruzione o medico.

In particolare, uno studio mostra come 60 medici con 20h di corso su LLM diagnostici, confrontati con medici non addestrati, hanno migliorato il punteggio diagnostico (71.4% vs 42.6%, +27.5 pp) grazie all'uso di ChatGPT (10).

Altri studi quasi-sperimentali effettuati in un call center, mostrano come l'introduzione di un sistema di IA di feedback ha ridotto del 10% il tempo medio di gestione delle chiamate.

“The AI-augmented training reduces call handling time by 10 percent. We find larger effects for short-tenured workers because they spend less time putting clients on hold.”

[11]

Gli studi mostrano che livelli più alti di alfabetizzazione migliorano la soddisfazione di bisogni psicologici.

Nel complesso, i risultati suggeriscono potenziali vantaggi in termini di produttività e performance. I compiti vengono svolti più rapidamente e con qualità superiore, vi è una maggiore soddisfazione e capacità decisionale.

Le nozioni presenti in un programma di alfabetizzazione possono variare in relazione al contesto e possono includere la comprensione della corretta applicazione degli elementi tecnici durante la fase di sviluppo del sistema di IA, le misure da applicare durante il suo utilizzo, le modalità adeguate per interpretare l'output del sistema di IA e, nel caso delle persone interessate, le conoscenze necessarie per comprendere in che modo le decisioni adottate con l'assistenza dell'IA incideranno su di esse.

Oltre ai rischi psicosociali, la letteratura evidenzia ulteriori criticità legate all'adozione dell'IA nei luoghi di lavoro. Una prima categoria riguarda i rischi tecnici, spesso connessi alla natura probabilistica degli algoritmi e alla loro dipendenza dai dati di addestramento:

“While predictive analysis offers significant advantages in manufacturing, particularly for safety, several limitations can impact its effectiveness. A key challenge is bias–variance tradeoff.” [5]

Anche i rischi tecnici possono essere mitigati attraverso una corretta formazione. La fonte di questi rischi è attribuibile principalmente ad errori di elaborazione dei dati da parte dell'algoritmo. È quindi necessario formare gli operatori al funzionamento degli algoritmi e ad interpretare gli *output* delle macchine autonome, consentendo loro di intervenire in caso di errore.

In conclusione, l'impatto dell'IA dipende fortemente dal livello di alfabetizzazione e dalla trasparenza dei sistemi adottati.

La formazione emerge come strategia ricorrente e vantaggiosa: gli studi mostrano che programmi mirati aumentano fiducia, engagement e sicurezza percepita. Tuttavia, vi sono anche dei limiti: la formazione è efficace solo se continua, contestualizzata e accompagnata da una *governance* chiara dei sistemi di IA. Per “governance” si intende è l'insieme di: regole, processi decisionali, responsabilità, meccanismi di controllo e procedure organizzative atte ad una corretta implementazione dell'IA.

Sono però presenti gap significativi: mancano studi su formazione all'IA in contesti manifatturieri, servizi e Pubblica Amministrazione; tutti settori dove l'adozione dell'IA è crescente.

In sostanza, la letteratura che confronta gruppi formati a non formati nel mondo del lavoro è scarsa, in risposta al quesito PICO: difficilmente si ritrovano studi in cui un *pool* di lavoratori riceve un training all'utilizzo dell'IA mentre un gruppo di controllo no.

Si osserva piuttosto come una maggiore alfabetizzazione sia associata a migliori risultati (ad esempio correlazioni positive con performance e con resilienza) e che l'introduzione ben pianificata dell'IA può migliorare i processi interni, ridurre carichi monotoni e liberare competenze creative. Ma servono ulteriori studi in vari settori per quantificare l'impatto netto dell'alfabetizzazione IA.

5.1 – Le normative vigenti.

Per comprendere l'impatto dell'introduzione dei sistemi di intelligenza artificiale nei luoghi di lavoro è necessario analizzare il quadro normativo vigente, che rappresenta una parte essenziale della letteratura di riferimento. Le normative europee e nazionali definiscono infatti obblighi, limiti e responsabilità che influenzano direttamente la prevenzione, la sicurezza e la formazione dei lavoratori.

Nell'Unione Europea l'uso dell'intelligenza artificiale è inquadrato dal Regolamento (UE) 2024/1689 o "AI Act". Questo regolamento ha lo scopo di introdurre un quadro giuridico uniforme per l'immissione sul mercato e l'uso di sistemi di IA in conformità con i valori dell'UE, ossia garantendo un livello elevato di protezione della salute, della sicurezza e dei diritti fondamentali sanciti dalla Carta dei Diritti Fondamentali dell'Unione Europea. Inoltre, il regolamento vuole promuovere un'IA antropocentrica e affidabile, e stabilire degli obblighi di prodotto uniformi con il fine di creare un mercato interno che abbia un livello omogeneo di protezione per gli utilizzatori e che promuova la libera circolazione e l'adozione dei sistemi di IA.

Le due figure principali introdotte con il regolamento sono la figura del "*deployer*" e del "fornitore".

Il fornitore è la persona fisica o giuridica che sviluppa un sistema o modello di AI per finalità generali, o che fa sviluppare un modello per finalità generali, e immette tale sistema, o modello, nel mercato anche a titolo gratuito.

Il *deployer* viene definito come qualsiasi persona fisica o giuridica che utilizza un sistema di IA, tranne nel caso in cui sia un utilizzo non professionale.

In parole povere il fornitore è colui che sviluppa il modello di IA, mentre il *deployer* è il soggetto che ne fa utilizzo. Possiamo quindi identificare in modo più pratico il datore di lavoro come il *deployer* dei sistemi di intelligenza artificiale utilizzati all'interno dell'organizzazione, ossia il soggetto che integra e impiega tali tecnologie nei processi aziendali. Il fornitore può essere definito come qualsiasi persona fisica o giuridica che sviluppa tali sistemi rendendoli disponibili ai *deployer*.

Al fine di tutelare la salute e la sicurezza dei cittadini europei, il regolamento impone degli obblighi sia ai fornitori che ai *deployers* e indica le modalità di utilizzo della tecnologia.

Come prima cosa l'articolo 4 impone ai fornitori e ai *deployers* di adottare misure che garantiscano un livello sufficiente di alfabetizzazione in materia di IA del loro personale, nonché di qualsiasi altra persona che si occupi del funzionamento e dell'utilizzo dei sistemi AI, tenendo conto del contesto in cui verrà utilizzato il sistema.

Questo implica che, tanto nelle aziende che utilizzano sistemi basati su algoritmi autonomi quanto in quelle che li sviluppano o li programmano, il datore di lavoro è tenuto a garantire che tutti i dipendenti dispongano di competenze adeguate a comprendere la logica di funzionamento e gli output generati dal *software*. Tale requisito formativo non riguarda solo l'uso operativo dello strumento, ma anche la capacità di interpretarne i risultati, valutarne l'affidabilità e riconoscere eventuali anomalie o rischi connessi.

Sui fornitori di sistemi di IA ricadono la maggior parte degli obblighi previsti dall'AI Act, perché queste figure sono responsabili dello sviluppo dei sistemi IA.

Lo sviluppo è considerato come la fase più sensibile nel ciclo di vita dell'IA in cui è possibile istituire, rimuovere o ridurre la maggior parte dei rischi di un sistema. Non tutti i fornitori sono però soggetti agli obblighi del regolamento, che si distinguono a seconda del livello di rischio attribuito al sistema di IA in base ai danni che si possono verificare sia alla salute sia ai diritti fondamentali.

Il regolamento introduce quattro tipologie di sistemi di IA classificati in base al rischio: sistemi illegali, sistemi ad alto rischio, sistemi con obbligo di trasparenza e sistemi a rischio minimo.

I sistemi di IA illegali, cioè le cui pratiche di utilizzo sono vietate, vengono elencati nell'articolo 5. In breve, viene vietata la messa in servizio di sistemi di IA che: utilizzano tecniche subliminali o tecniche volutamente manipolative, sfruttano la vulnerabilità fisica, sono volti alla classificazione delle persone in base al loro comportamento sociale a fini pregiudizievoli, sono volti a valutare la possibilità che una persona fisica commetta un reato, creano o ampliano banche dati di riconoscimento facciale non mirato e hanno lo scopo di intuire le emozioni di una persona fisica nell'ambito del luogo di lavoro e degli istituti di istruzione, tranne nel caso in cui il sistema AI sia destinato a essere messo in funzione per motivi medici o di sicurezza.

I sistemi di IA ad alto rischio sono disciplinati nel Capo III del Regolamento. In particolare, il Regolamento qualifica come ad alto rischio i sistemi di IA che costituiscono

componenti di sicurezza di prodotti oppure che trattano dati biometrici relativi a persone fisiche. I criteri e le regole per la loro classificazione sono stabiliti dall'articolo 6.

Viene definito *componente di sicurezza* un componente di un prodotto o di un sistema di IA che svolge una funzione di sicurezza per tale prodotto o sistema di IA o il cui guasto o malfunzionamento mette in pericolo la salute e sicurezza di persone o beni.

I sistemi di AI ad alto rischio devono avere dei requisiti elencati nella sezione III del Capo III. Se un prodotto contiene un sistema AI ad alto rischio è compito ed obbligo dei fornitori garantire che i loro prodotti siano conformi alla normativa. I fornitori sono tenuti a marcare le proprie macchine con il marchio "CE" per indicare la conformità al regolamento.

Il primo requisito che un sistema di AI ad alto rischio deve presentare è il *Sistema di gestione dei rischi*. Questo deve essere istituito, attuato e documentato. Il sistema di gestione dei rischi è inteso come un processo pianificato ed eseguito nel corso dell'intero ciclo di vita di un sistema di AI ad alto rischio, che richiede un riesame e aggiornamenti costanti e sistematici. Esso segue le seguenti fasi:

- Identificazione e analisi dei rischi ragionevolmente prevedibili che il sistema di IA può porre per la salute e la sicurezza e i diritti fondamentali, quando il sistema è usato conformemente.
- Stima e valutazione dei rischi ragionevolmente prevedibili che possono emergere sia durante l'uso proprio che improprio del sistema di IA.
- Valutazione di altri eventuali rischi derivanti dai dati raccolti dal *sistema di monitoraggio* successivo all'immissione sul mercato.
- Adozione di misure di gestione dei rischi opportune e mirate alla riduzione di quelli individuati.

I rischi oggetto del sistema di gestione dei rischi sono solamente quelli che possono essere ragionevolmente attenuati attraverso lo sviluppo o la progettazione del sistema di IA ad alto rischio o la fornitura di informazioni tecniche adeguate e ove opportuno la formazione dei *deployer*. Al fine di ridurre i rischi connessi all'uso del sistema AI ad alto rischio si considerano anche le conoscenze tecniche, l'esperienza, l'istruzione e formazione del *deployer* e il contesto in cui il sistema è destinato all'uso.

Altro obbligo relativo all'immissione dei sistemi di IA ad alto rischio è l'effettuazione di prove prima della loro immissione sul mercato. Le prove hanno il fine di verificare il

corretto funzionamento previsto del sistema e di individuare le misure di gestione dei rischi più appropriate. Le prove possono anche essere eseguite in condizioni reali. In aggiunta, i sistemi di IA ad alto rischio devono essere progettati in modo tale da garantire una supervisione efficace, da persone fisiche, durante il periodo di uso.

Le misure di sorveglianza umana sono commisurate in base al livello di autonomia del sistema e al contesto di utilizzo e devono essere garantite una delle due seguenti tipologie:

- Misure integrate nel sistema di IA individuate dal fornitore prima della sua immissione sul mercato.
- Misure integrate nel sistema di IA individuate dal fornitore adatte ad essere utilizzate dal *deployer*.

Il regolamento impone, ai fini di attuare le misure di sorveglianza umana, che il sistema di IA ad alto rischio sia fornito in modo tale che le persone fisiche, alle quali è stata affidata la sorveglianza umana, abbiano le possibilità di:

- Comprendere le capacità e i limiti del sistema IA ed essere in grado di monitorarne il funzionamento al fine di individuare e affrontare anomalie.
- Interpretare correttamente l'output del sistema.
- Decidere in qualsiasi situazione di non usare il sistema di IA ad alto rischio o di ignorare l'output del sistema.
- Intervenire sul funzionamento del sistema di IA ad alto rischio o interrompere il sistema mediante un pulsante di arresto, o una procedura analoga che consenta l'arresto del sistema in sicurezza.

Le persone fisiche addette alla sorveglianza umana devono disporre delle competenze, della formazione e dell'autorità necessarie per svolgere tale ruolo.

Infine, i sistemi di IA ad alto rischio devono essere accurati, robusti e sicuri nel campo della cibersicurezza, queste tre caratteristiche devono accompagnare il sistema di IA durante il suo intero ciclo vitale. La caratteristica dell'accuratezza deve essere dichiarata dal fornitore nelle istruzioni per l'uso da parte del fornitore.

I sistemi di AI che presentano obbligo di trasparenza sono trattati al Capo IV. Qualora una persona fisica interagisca con questa tipologia di AI è stabilito l'obbligo di informare chi interessato della natura artificiale del sistema e dei contenuti generati dallo stesso. Ad esempio, questo si applica a: Chatbot e assistenti virtuali (I quali devono informare gli utenti di star interagendo con un'IA) e ai sistemi di generazione automatica di contenuti

devono (i quali devono segnalare che il testo o l'immagine è stato creato da un'intelligenza artificiale).

I sistemi di AI a rischio minimo sono invece discussi dal Capo X. Questi sistemi non presentano particolari rischi e non sono soggetti ad ulteriori obblighi oltre la normativa di settore e quanto già previsto a livello di regolamentazione europea. Il Regolamento (UE) incoraggia comunque l'adozione di codici di condotta intesi a promuovere l'applicazione volontaria anche a questi sistemi di AI. Fanno parte di questa categoria: filtri “*antispam*” e i sistemi di raccomandazione (come quelli usati da Netflix o Spotify). A livello nazionale il 23 settembre 2025 si è approvata la legge n.132 “Disposizioni e deleghe al Governo in materia di intelligenza artificiale”. Questa legge ha lo scopo di recare i principi di uso, sviluppo e ricerca dell'intelligenza artificiale, promuovendone un utilizzo corretto, trasparente e responsabile e garantendo vigilanza. La legge va interpretata e applicata conformemente al regolamento europeo.

All'articolo 11 la legge si sofferma su “Disposizioni sull'uso dell'intelligenza artificiale in materia di lavoro” affermando che “*l'intelligenza artificiale è impiegata per migliorare le condizioni di lavoro, tutelare l'integrità psicofisica dei lavoratori, accrescere la qualità delle prestazioni lavorative e la produttività delle persone in conformità al diritto dell'Unione europea*”. Inoltre, sancisce in modo generale che l'utilizzo dell'IA in ambito lavorativo debba essere, sicuro, trasparente e non deve entrare in contrasto con i principi di dignità umana.

La stessa legge istituisce “l'Osservatorio sull'adozione di sistemi di intelligenza artificiale nel mondo del lavoro”. Questo organismo istituzionale si sviluppa con l'obiettivo di supportare cittadini e imprese nell'adozione dell'IA, analizzando concretamente l'impatto delle tecnologie di IA su aziende e lavoratori. Un aspetto centrale del lavoro dell'Osservatorio è la formazione. Per permettere a lavoratori e aziende di sfruttare al meglio le opportunità offerte dall'Intelligenza Artificiale, l'Osservatorio individua le competenze più richieste dal mercato e promuove iniziative formative mirate alla riqualificazione professionale.

Un altro compito attribuito all'Osservatorio riguarda la partecipazione allo sviluppo della Strategia Italiana per l'Intelligenza Artificiale. L'obiettivo è individuare i settori e le professioni maggiormente influenzati dall'introduzione dell'IA e proporre soluzioni concrete per gestire i cambiamenti che ne derivano. L'Italia, del resto, non è nuova a

questo tema: già nel 2018 era stata definita una prima strategia nazionale, con cui il Ministero delle Imprese e del Made in Italy chiedeva all'Unione Europea un approccio omogeneo alla gestione della tecnologia. Tuttavia, l'evoluzione sia tecnologica sia normativa ha reso necessario un aggiornamento.

Nel 2024 il Dipartimento per la Trasformazione Digitale e l'Agenzia per l'Italia Digitale hanno elaborato una nuova strategia, orientata da un lato a rafforzare la competitività del Paese nei settori industriali più rappresentativi (come l'automazione, l'agroalimentare, l'arredamento e il turismo) e dall'altro a sostenere lo sviluppo dell'industria digitale, in particolare quella finanziaria e tecnologica. Allo stesso tempo, la strategia punta a valorizzare l'impatto dell'IA nei settori sociali, come la sanità, l'educazione, la tutela ambientale e la sicurezza, con l'obiettivo finale di promuovere un'intelligenza artificiale affidabile, antropocentrica e sostenibile.

Per raggiungere questi traguardi, il piano nazionale propone interventi specifici in diversi ambiti. Sul fronte della ricerca, si punta a consolidare l'ecosistema nazionale e a trattenere i talenti, sviluppando modelli di IA italiani (sia linguistici sia multimodali) per ridurre la dipendenza da tecnologie straniere. È inoltre incoraggiata la collaborazione internazionale e la realizzazione di progetti interdisciplinari orientati al benessere sociale. Per quanto riguarda la pubblica amministrazione, la strategia mira a migliorare l'efficienza dei servizi attraverso soluzioni basate sull'IA, garantendo al tempo stesso trasparenza, neutralità tecnologica e percorsi formativi dedicati ai dipendenti pubblici. L'obiettivo è semplificare la burocrazia e introdurre strumenti di automazione documentale e supporto decisionale.

Nel mondo delle imprese, la strategia intende intercettare i bisogni di innovazione, sostenere il settore ICT e favorire la nascita di start-up specializzate in IA. Particolare attenzione è rivolta alle piccole e medie imprese, per le quali si prevede la creazione di figure e strumenti che facilitino l'adozione delle nuove tecnologie, oltre alla realizzazione di laboratori industriali in collaborazione con università e centri di ricerca. Anche la formazione riveste un ruolo centrale: l'intelligenza artificiale sarà introdotta nelle scuole, nei corsi universitari e nei percorsi di dottorato, mentre imprese e pubbliche amministrazioni potranno accedere a programmi di reskilling e upskilling. La strategia include inoltre iniziative di educazione alla cittadinanza digitale, per promuovere un uso consapevole dell'IA da parte di tutta la popolazione.

Questa strategia mira a garantire che l'Italia non sia solo utilizzatrice di IA, ma protagonista nella sua creazione e regolazione.

C'è anche da far notare come l'intelligenza artificiale possa rientrare nel principio di massima sicurezza tecnologica possibile, praticabile o disponibile, sancito dall'articolo 2087 del Codice civile.

Quando l'IA può contribuire a ridurre rischi, incidenti o esposizioni pericolose (ad esempio tramite sistemi di visione artificiale, monitoraggio predittivo, rilevamento anomalie, automazione di compiti pericolosi), essa diventa una misura di sicurezza concretamente praticabile. In base all'art. 2087, il datore di lavoro non può ignorare tecnologie che migliorano la sicurezza se sono mature, accessibili e proporzionate al rischio.

L'insieme di queste disposizioni mostra come l'Unione Europea e l'Italia stiano orientando l'adozione dell'IA verso un modello antropocentrico, sicuro e trasparente, nel quale la formazione e l'alfabetizzazione digitale dei lavoratori assumono un ruolo centrale.

Non mancano però difficoltà pratiche. La norma presuppone che i datori di lavoro comprendano da subito i rischi legati alle nuove tecnologie, nella realtà però non hanno competenze sufficienti per valutare i rischi algoritmici. L'AI viene spesso percepita come strumento neutro, non come tecnologia che introduce nuove forme di rischio.

Un ulteriore elemento critico riguarda il fatto che, pur elencando i contenuti minimi dell'alfabetizzazione e specificando che essa debba essere calibrata sul contesto aziendale, il regolamento non ne definisce in modo tassativo le sue caratteristiche. Questo comporta che due lavoratori impiegati in aziende diverse, ma esposti a sistemi di IA simili, potrebbero ricevere percorsi formativi significativamente differenti, con conseguenti disparità di competenze e livelli di consapevolezza.

Inoltre, il regolamento non stabilisce un termine di validità dell'alfabetizzazione né prevede un obbligo esplicito di aggiornamento periodico. Ciò potrebbe far sorgere il dubbio che, una volta completato il corso iniziale, il lavoratore non sia tenuto a ulteriori aggiornamenti anche nel caso in cui l'algoritmo con cui collabora venga modificato o sostituito.

Fortunatamente, questo potenziale vuoto viene colmato dalla normativa generale in materia di sicurezza sul lavoro: il D.Lgs. 81/08 stabilisce infatti che la formazione debba

essere ripetuta ogni volta che intervengono cambiamenti significativi nel processo produttivo. L'introduzione o l'evoluzione di un sistema di intelligenza artificiale rientra pienamente in questa casistica, rendendo quindi obbligatorio un aggiornamento formativo adeguato.

È opportuno ricordare che, ai sensi dell'articolo 37 del D.Lgs. 81/08, il datore di lavoro è sempre tenuto a garantire una formazione adeguata e specifica a tutti i lavoratori, riguardante l'insieme dei rischi presenti in azienda, i possibili danni correlati e le misure di prevenzione e protezione adottate. Tale obbligo non è statico, ma si configura come un processo continuo di aggiornamento delle competenze. Il comma 4 dello stesso articolo rafforza questo principio, stabilendo che la formazione debba essere erogata non solo all'instaurarsi del rapporto di lavoro o in caso di cambio di mansioni, ma anche, e soprattutto, in occasione dell'introduzione di nuove attrezzature, sostanze pericolose o tecnologie. In questo quadro rientrano pienamente anche i sistemi autonomi e le tecnologie basate sull'intelligenza artificiale, la cui adozione modifica l'organizzazione del lavoro e introduce nuovi rischi, richiedendo quindi nuova formazione.

Tabella 1: quadro normativo di riferimento.

Fonte normativa	Ambito	Contenuti rilevanti per la tesi	Implicazioni per i luoghi di lavoro
Reg. UE 2024/1689 (AI Act)	IA	classificazione per rischio, alfabetizzazione, trasparenza, sorveglianza umana	obblighi per fornitori e deployer
D.Lgs. 81/08	salute e sicurezza	formazione, aggiornamento, valutazione dei rischi	obbligo di aggiornare la formazione quando cambia la tecnologia
Legge 132/2025	quadro nazionale IA	principi di uso responsabile e osservatorio	orientamento strategico nazionale
Art. 2087 c.c.	tutela del lavoratore	massima sicurezza tecnologicamente possibile	possibile dovere di adottare tecnologie efficaci

5.2 – Tipologie di applicazione dell’IA nei luoghi di lavoro.

All’interno dei luoghi di lavoro l’intelligenza artificiale sta portando numerosi cambiamenti sia da un punto di vista organizzativo che produttivo. Per via dell’enorme plasticità della tecnologia questa può essere utilizzata per migliorare numerosi processi. Generalmente possiamo distinguere l’utilizzo dei sistemi di IA in tre grandi gruppi: uno volto all’uso dell’IA come ausilio alla gestione dell’impresa (per esempio: l’assegnazione di mansioni), uno che vede l’IA come servizio in sé e un ultimo gruppo che prevede l’implementazione di sistemi automatizzati nei processi produttivi.

La distribuzione delle applicazioni dell’IA non è omogenea tra i settori produttivi: mentre il terziario adotta prevalentemente sistemi decisionali e di analisi dati, il manifatturiero integra soluzioni autonome e robotiche. Questa differenza comporta rischi specifici: nel settore industriale prevalgono rischi fisici e di interazione uomo–macchina, mentre nel terziario emergono prevalentemente rischi psicosociali. Tale variabilità richiede approcci formativi e prevenzionistici differenziati.

I sistemi di IA nei luoghi di lavoro vengono spesso integrati nell’ *Industrial Internet of things* che consente agli algoritmi di processare dati in tempo reale grazie alla collaborazione con diverse tecnologie come: l’identificazione a radiofrequenza, trasmissione di dati con banda ultra-larga, *Global Positioning System* e varie tipologie di sensori (di prossimità, di pressione, di temperatura...). Questo consente agli algoritmi di monitorare in tempo reale le condizioni di lavoro verificando lo stato del processo produttivo al fine di monitorare le prestazioni del macchinario, predire il bisogno di manutenzioni, aumentare la produttività e le condizioni di salute e sicurezza, impedendo anomalie e localizzando oggetti nello spazio.

I sistemi di IA sono sempre più efficaci nel migliorare le misure di prevenzione e protezione presenti nel luogo di lavoro. Algoritmi che utilizzano il *Machine Learning* sono in grado di analizzare grandi quantità di dati al fine di prevenire manutenzioni o possibili incidenti. Un’applicazione fondamentale dell’analisi predittiva per la sicurezza dei lavoratori è la classificazione degli incidenti sul lavoro, basata su report storici e dati provenienti da sensori in tempo reale. Questi sistemi sono in grado di raggruppare eventi simili per gravità, tipo di lesione, condizioni ambientali o tipo di mansione e possono essere usati anche per monitorare l’ambiente di lavoro al fine di garantire livelli ottimali di temperatura, umidità e qualità dell’aria, consentendo di predire l’eventuale emissione

di fumi da macchinari malfunzionanti e avviare un sistema di allerta nel caso di una possibile esposizione dei lavoratori.

Il luogo di lavoro diventa quindi un ambiente continuamente monitorato, in cui macchine e sensori generano flussi informativi costanti. Questo comporta vantaggi in termini di prevenzione ma introduce anche nuove vulnerabilità: rischio di malfunzionamenti, esposizione a cyberattacchi, perdita di autonomia decisionale dei lavoratori e rischi per la loro *privacy*. Sebbene l'interconnessione tra i diversi elementi del luogo di lavoro possa effettivamente potenziare le misure di prevenzione e protezione, essa introduce nuovi rischi. In particolare, l'adozione di dispositivi interconnessi espone i lavoratori a un rischio esponenzialmente maggiore di malfunzionamenti e, nel caso di tecnologie *wireless*, potenziali interferenze elettromagnetiche. L'aumento della complessità del sistema comporta infatti una maggiore probabilità che guasti locali si propaghino lungo la rete, generando effetti a cascata. Inoltre, l'esposizione prolungata a campi elettromagnetici generati da alcune tecnologie *wireless* può costituire un ulteriore fattore di rischio per la salute, rendendo necessaria una valutazione attenta sia degli aspetti tecnici sia delle possibili implicazioni per le malattie professionali.

I sistemi di IA sono principalmente accoppiati a sistemi robotici che non sono più i robot industriali ingombranti e rinchiusi in gabbie; al contrario, sono più mobili, agili, collaborativi e lavorano accanto agli esseri umani come assistenti. L'adozione della robotica nella rivoluzione industriale 4.0 è aumentata significativamente nell'ultimo decennio grazie ad algoritmi più efficienti e meno costosi e tecnologie di visione artificiale. Questi progressi mirano a incrementare la produttività. Uno dei contributi chiave dei sistemi robotici è l'automazione dei processi. I Veicoli a Guida Automatica (AGV) sono un tipo diffuso di robotica che può muoversi e operare in modo autonomo. Vengono impiegati in applicazioni industriali per trasportare materiali pesanti o pericolosi in fabbriche e magazzini. Tipi comuni di AGV nel processo produttivo includono carrelli elevatori, *unit loader* (AGV con tavole a rulli per il trasporto di vassoi) e *tuggers* (AGV che trainano carrelli). Questo tipo di piccolo sistema robotico può ridurre lo sforzo fisico richiesto per la movimentazione di carichi pesanti e compensare la forza limitata degli operatori umani.

Tuttavia, mentre gli AGV esistenti seguono percorsi predefiniti, l'emergere dei Robot Autonomi Semoventi (AMR) mostra un approccio più efficiente e intelligente alla

movimentazione dei materiali. Gli AMR utilizzano intelligenza artificiale avanzata, navigazione basata sulla visione artificiale e algoritmi decisionali adattivi per operare in modo dinamico rispetto agli AGV tradizionali. Gli AMR mostrano una maggiore autonomia negli ambienti industriali.

Grazie alle capacità di automazione e controllo remoto, è possibile far operare i sistemi robotici in ambienti diversi per garantire coerenza. Oggi, robot collaborativi (cobot) di varie tipologie sono integrati nel quadro industriale, offrendo sicurezza ed efficienza mentre lavorano accanto agli operatori umani.

Ciò implica una ridefinizione dei confini tra compiti umani e compiti automatizzati. L'aumento dell'autonomia delle macchine richiede nuove competenze di supervisione, diagnostica e gestione dell'imprevisto.

Altra possibilità di utilizzo dei sistemi di intelligenza artificiale nei luoghi di lavoro consiste nella sua implementazione con la tecnologia immersiva.

La tecnologia immersiva (XR) è un termine ampio che comprende Realtà Aumentata (AR), Realtà Virtuale (VR) e Realtà Mista (MR). Queste tecnologie fondono ambienti fisici con mondi virtuali e permettono agli utenti di vivere esperienze intuitive e coinvolgenti. Le industrie hanno investito molto in XR per migliorare la formazione, i processi produttivi e l'efficienza operativa. La ricerca e gli sviluppi in corso in questo campo mostrano che queste tecnologie vengono sempre più applicate per migliorare l'esperienza utente nell'istruzione e nella sanità. Ad esempio, la AR è stata utilizzata in simulazioni di compiti medici, dimostrando il suo potenziale nella formazione sanitaria. Inoltre, modelli di machine learning possono essere sfruttati per potenziare la formazione basata su XR ottimizzando il supporto decisionale in tempo reale e le analisi predittive per simulazioni mediche.

L'efficacia della tecnologia dipende dalla qualità dei modelli e dalla capacità di rappresentare scenari realistici.

L'IA può anche essere utilizzata come strumento di monitoraggio del luogo di lavoro grazie alla sua integrazione nell'IoT. Gli algoritmi autonomi sono infatti in grado di interagire con l'ambiente di lavoro tramite sensori presenti nelle macchine o ai dispositivi di protezione individuale (DPI) stessi. I DPI in cui vengono integrate le nuove tecnologie sono definiti *Smart DPI*.

Il termine DPI indica un dispositivo, un'attrezzatura o un equipaggiamento progettato per proteggere chi lo indossa o lo porta con sé da rischi a cui lo stesso soggetto è esposto. Gli smart DPI sono prodotti in grado di inviare e ricevere varie tipologie di segnali. La peculiarità di uno smart DPI è la capacità di rispondere a input esterni, permettendo in tal modo di avere informazioni circa l'ambiente in cui si trova il portatore o la stessa persona che indossa il DPI.

Attraverso l'integrazione dei DPI nell' *Internet of Things* (IoT) questi possono essere trasformati in strumenti proattivi di prevenzione. Il concetto di IoT si basa sulla capacità degli oggetti fisici di comunicare e collaborare attraverso connessioni digitali, facilitando una maggiore efficienza e sicurezza. Questo consente la creazione di una rete in grado di gestire dinamicamente le informazioni.

Gli smart DPI sono in grado di acquisire e trasmettere dati in tempo reale monitorando le condizioni ambientali o fisiologiche del lavoratore e attivando azioni reattive in situazioni di pericolo. Ad esempio, sensori integrati possono rilevare la presenza di gas tossici o anomalie nei parametri vitali, informando immediatamente il lavoratore o le squadre di emergenza. Inoltre, i dati raccolti dagli smart DPI possono rivelarsi utili per svolgere analisi più approfondite per prevenire incidenti futuri.

Tuttavia, l'adozione di queste tecnologie presenta anche sfide significative. La necessità di formazione per l'uso corretto dei dispositivi e il rispetto della privacy dei lavoratori sono questioni cruciali. Inoltre, il rischio di malfunzionamenti, l'affidabilità variabile delle comunicazioni wireless e i costi elevati dei dispositivi intelligenti possono rappresentare ostacoli alla loro implementazione diffusa. Non meno importante, l'emissione di campi elettromagnetici e la potenziale vulnerabilità ai cyberattacchi sono aspetti che richiedono una gestione attenta.

Quindi gli smart DPI sono dei DPI dotati di sensori biometrici e ambientali utili a rilevare dati che verranno poi trasmessi grazie tecnologie wireless. Le loro funzionalità principali includono: la localizzazione GPS, la comunicazione in tempo reale con i supervisori, il monitoraggio continuo delle condizioni del portatore e delle caratteristiche ambientali. Alcuni presentano anche sistemi di riscaldamento o raffreddamento per regolare la temperatura corporea in risposta alle condizioni esterne, oltre a meccanismi di arresto di emergenza per prevenire incidenti in prossimità di apparecchiature pericolose. La

raccolta di dati in tempo reale permette un flusso costante tra lavoratori, macchinari e centri di controllo.

La raccolta continua di dati biometrici e ambientali apre questioni critiche: tutela della privacy, gestione dei dati sensibili, affidabilità dei sensori, rischio di sorveglianza eccessiva.

La raccolta di dati personali e il monitoraggio dei lavoratori a distanza è consentito dallo Statuto dei Lavoratori (Legge n. 300/1970) all'art. 4, purché ciò avvenga esclusivamente per fini legati alla sicurezza sul lavoro, organizzativi o tutela del patrimonio aziendale.

Il datore di lavoro che decide di implementare tali sistemi dovrà informare il lavoratore della loro presenza e delle modalità d'uso e dovrà attenersi alle indicazioni previste dal D.Lgs 30/06/2003, n. 196 per il trattamento dei dati personali.

L'inquadramento normativo degli smart DPI non può prescindere dall'AI Act, che li include tra i sistemi di IA ad alto rischio in quanto componenti di sicurezza integrati in prodotti soggetti a certificazione. Questa classificazione comporta obblighi stringenti per i fornitori e per i *deployers*, tra cui requisiti di qualità dei dati, robustezza e soprattutto della presenza di sorveglianza umana.

Tuttavia, l'applicazione concreta della sorveglianza umana in questo contesto solleva interrogativi rilevanti: chi è il soggetto responsabile del monitoraggio, il lavoratore stesso? Con quali competenze? E con quali strumenti può intervenire in caso di errore del sistema: se uno *smart helmet* non rileva correttamente la scarsa qualità dell'aria, come si può proteggere il lavoratore e soprattutto, essendo un dispositivo senza interfacciata come può il lavoratore interpretare gli *output*?

Queste domande emergono con particolare forza negli smart DPI, che raccolgono dati biometrici e ambientali in tempo reale e possono attivare automaticamente allarmi o procedure di emergenza. La loro natura "autonoma" richiede quindi una supervisione umana effettiva obbligatoria.

Nonostante i vari e possibili utilizzi della tecnologia la sua applicazione principale dell'IA nei luoghi di lavoro è rappresentata dall'integrazione con sistemi robotici.

Prendono il nome di co-bots le macchine robotiche di lavorare a contatto con gli operatori umani e progettate per lavorare in condizioni pericolose per periodi di tempo estesi.

Necessario far notare però come l'implementazione dell'IA nel settore manifatturiero può portare alla sostituzione delle capacità richieste al lavoratore, rendendo necessario il

reskilling o l'*upskilling* dei dipendenti. Questo può aggravare il rischio di disoccupazione e disuguaglianze. Inoltre, garantire l'equità nei sistemi di IA da parte dei vari *deployers* è fondamentale, poiché tali sistemi possono involontariamente rafforzare *bias* preesistenti nei dati di addestramento, producendo risultati iniqui che possono variare da un'organizzazione all'altra in base ai dati utilizzati, alle modalità di implementazione e ai controlli adottati.

L'intelligenza artificiale è già un elemento centrale dell'Industria 4.0: viene impiegata nei co-bots e nei sistemi di monitoraggio per analizzare in tempo reale i dati provenienti dai macchinari, segnalare eventuali anomalie agli operatori o attivare interventi automatici, ma nonostante questo la sua diffusione risulta essere limitata.

In conclusione, l'uso di sistemi automatizzati basati sull'esecuzione di uno o più algoritmi, incide sulla dimensione della salute e sicurezza per un duplice ordine di motivi. Da un lato, può plasmare l'architettura organizzativa in cui si inserisce la prestazione, dall'altro, determina le modalità di funzionamento degli strumenti, prodotti e macchinari utilizzati.

Su entrambi i fronti l'uso di sistemi automatizzati può tanto porsi a supporto della riduzione, o eliminazione per alcuni casi, dei rischi, quanto introdurre nuovi fattori di pericolo per il lavoratore.

L'IA non è intrinsecamente sicura o rischiosa, ma il suo impatto dipende da come viene progettata, implementata, supervisionata e integrata nei processi produttivi.

5.3 – Rischi derivanti dall'uso dell'IA.

Come qualsiasi altra tecnologia, anche l'intelligenza artificiale si presenta come un Giano bifronte. Se da un lato i sistemi di IA possono incrementare la produttività, migliorare il monitoraggio del luogo di lavoro, potenziare l'interconnessione dell'IoT industriale e rendere più efficaci le misure di prevenzione e protezione, dall'altro introducono nuovi rischi di natura tecnica, organizzativa e psicologica all'interno dell'azienda.

Questa ambivalenza non dipende solo dalla tecnologia in sé, ma dal modo in cui essa viene progettata e implementata all'interno dell'organizzazione. L'IA non introduce rischi in modo neutro: li amplifica o li riduce in funzione delle scelte manageriali, della qualità dei dati, del livello di alfabetizzazione digitale e della presenza (o assenza) di adeguati meccanismi di supervisione umana.

I rischi associati all'adozione dell'IA nei luoghi di lavoro possono essere suddivisi in quattro macrocategorie: rischi psicologici e sociali, rischi organizzativi, rischi tecnici e rischi etici.

Per comprendere come l'IA sia anche fonte di rischio, è necessario analizzare i fattori di rischio che l'IA introduce nel contesto lavorativo.

Per prima cosa, l'introduzione di un qualsiasi sistema autonomo può generare ansia, stress e timore di perdere il lavoro, aumentando così il rischio di sviluppare patologie psicologiche. La causa di queste malattie professionali è proporzionalmente legata al livello di informazione/formazione che i lavoratori hanno nel campo dell'IA.

Non è la tecnologia a generare direttamente il danno, ma la mancanza di competenze necessarie per interagirvi in modo consapevole. L'assenza di alfabetizzazione diventa quindi un fattore di rischio organizzativo che si traduce in stress, resistenza al cambiamento e percezione di minaccia occupazionale.

La mancanza di nozioni in campo digitale è direttamente causa di stress e ansia nei lavoratori poiché impedisce una collaborazione uomo-IA che sia trasparente ed efficace. Inoltre, la mancanza di nozioni in campo digitale crea disuguaglianze tra i lavoratori aumentando il rischio di licenziamento. Questo può causare resistenza e paura verso i sistemi autonomi, soprattutto da parte di chi non possiede alfabetizzazione digitale; inoltre, l'automazione e i robot intelligenti possono sostituire mansioni umane, richiedendo reskilling o upskilling degli operatori e aggravando così il rischio di disoccupazione e disuguaglianze. Infine, alcune tecnologie autonome prevedono una sorveglianza costante dell'operatore, come la *computer vision*, la quale può creare un'ambiente oppressivo e stressante con conseguente riduzione della fiducia e aumento della pressione psicologica.

Accanto alle implicazioni psicologiche e sociali, emergono anche criticità di natura tecnica che incidono direttamente sulla sicurezza operativa.

Nel momento in cui l'IA viene integrata in macchinari, DPI o rappresenta essa stessa una misura di prevenzione e protezione, il suo malfunzionamento può essere causa di infortuni sul lavoro. Gli algoritmi possono essere soggetti a fenomeni di *underdrifting* (non rilevano pattern critici) o di *overfitting* (falsi allarmi), malfunzionamenti che possono essere amplificati da dati incompleti o disturbati.

In altre parole, il principale problema di questi sistemi è il “*trade-off bias–variance*”. I modelli con elevato *bias* tendono a semplificare eccessivamente i dati, causando *underfitting*, situazione in cui il modello non riesce a cogliere pattern critici, come le interazioni tra macchinari, fattori ambientali e comportamento umano. Al contrario, i modelli con elevata varianza possono andare incontro a *overfitting*, rilevando pattern irrilevanti e generando falsi allarmi, come rilevazioni errate di posture scorrette, che possono portare a sfiducia da parte dei lavoratori. A causa di questi errori, possibili patterns anomali potrebbero non essere rilevati dal sistema con conseguenti irregolarità nella lettura dei dati. Nel caso in cui i dati non siano letti correttamente dall’algoritmo il rischio di incidenti o malfunzionamenti aumenta.

Questi limiti non rappresentano semplici imperfezioni tecniche, ma veri e propri rischi sistemici: un errore algoritmico può propagarsi lungo l’intera catena produttiva, influenzare decisioni operative, attivare allarmi impropri o, al contrario, non segnalare situazioni critiche. La natura automatizzata del processo amplifica l’impatto dell’errore, trasformando un difetto locale in un rischio organizzativo diffuso. Per questo motivo implementare sistemi di sorveglianza umana e formare gli operatori ad interpretare gli output degli algoritmi diventa fondamentale per una corretta implementazione degli algoritmi autonomi nei luoghi di lavoro.

A questi limiti intrinseci dei modelli si aggiunge un ulteriore elemento critico legato ai dati su cui essi si basano. I sistemi per l’analisi predittiva sono limitati anche dalla qualità stessa dei dati in quanto i dati provenienti dal mondo reale sono spesso disturbati e incompleti. In tali condizioni, l’IA non solo perde efficacia, ma diventa essa stessa fonte di rischio, questo sottolinea l’importanza di uno studio sul processo di lavoro e sui dati disponibili prima dell’introduzione di sistemi autonomi.

Considerando l’insieme dei rischi psicologici, organizzativi e tecnici, emerge un quadro complesso che richiede un approccio multidisciplinare per la gestione della gestione del rischio.

In conclusione, i rischi principali legati all’IA riguardano stress, disuguaglianze, *bias*, sorveglianza, errori tecnici, costi elevati e impatti occupazionali. L’IA può migliorare la sicurezza, ma solo se accompagnata da formazione, trasparenza, progettazione ergonomica e attenzione al benessere umano.

Oltre ai rischi psicologici, organizzativi e tecnici, l'adozione dell'intelligenza artificiale nei luoghi di lavoro solleva anche una serie di rischi etici che non possono essere trascurati. Molti sistemi di IA, in particolare quelli basati su modelli complessi di machine learning, operano come vere e proprie “*black box*”: producono decisioni o valutazioni senza rendere trasparente il processo logico che le ha generate. Questa opacità rende difficile per i lavoratori e per le organizzazioni comprendere perché un algoritmo abbia segnalato un comportamento come rischioso, classificato un evento come anomalo o suggerito una determinata azione.

La mancanza di trasparenza non è solo un limite tecnico, ma un rischio etico rilevante, perché impedisce di verificare l'eventuale presenza di *bias*, errori sistematici o discriminazioni nei confronti di specifici gruppi di lavoratori. Inoltre, quando un sistema opera come una *black box*, diventa complesso attribuire responsabilità in caso di incidenti o decisioni errate, generando incertezza sia per i lavoratori sia per i datori di lavoro.

L'AI Act tenta di rispondere a questa criticità imponendo requisiti di trasparenza e di sorveglianza umana per i sistemi ad alto rischio.

5.4 – Come abbassare i rischi.

La natura “black-box” dei sistemi di IA rappresenta una sfida per gli utenti, poiché rende difficile comprendere i processi decisionali sottostanti.

Questa opacità non rappresenta soltanto un limite tecnico, ma un rischio: quando i processi decisionali non sono interpretabili, diventa difficile individuare errori e correggerli. L'assenza di trasparenza compromette la capacità dell'organizzazione di esercitare un controllo effettivo sul sistema, trasformando l'IA in un attore che può influenzare processi critici senza adeguata supervisione.

Ciò riduce la fiducia nelle operazioni e nei risultati dell'IA, portando gli utenti a essere diffidenti nei suoi confronti. Sviluppare e implementare sistemi di IA “affidabili” è diventato il fondamento concettuale della maggior parte degli approcci volti a promuovere i benefici dell'IA per la società, gestendone al contempo rischi e pericoli.

L'IA artificiale può essere considerata affidabile se segue sette principi centrali. Al contrario, l'assenza di tali principi può indicare che un sistema di IA presenta rischi o pericoli.

Tabella 2: Benefici e rischi dell'IA nei luoghi di lavoro.

Dimensione	Benefici riportati	Rischi riportati
Sicurezza	monitoraggio continuo, manutenzione predittiva, riduzione esposizione a compiti pericolosi	errore algoritmico, falsi allarmi, mancata rilevazione di pericoli
Organizzazione	ottimizzazione processi, supporto decisionale, maggiore efficienza	intensificazione del lavoro, dipendenza dagli algoritmi, perdita di autonomia
Benessere	riduzione compiti ripetitivi, supporto operativo	stress, paura di sostituzione, sorveglianza eccessiva
Formazione	sviluppo nuove competenze, collaborazione uomo-IA	skill gap, esclusione dei lavoratori meno preparati

Tabella 3: Principali categorie di rischio.

Categoria	Descrizione	Esempi
Psicosociali	impatto su percezione, fiducia e benessere	ansia, stress, paura di perdere il lavoro
Organizzativi	modifica di ruoli, compiti e responsabilità	reskilling, dipendenza dai sistemi, controllo algoritmico
Tecnici	limiti del modello e dei dati	bias-variance tradeoff, dati incompleti, malfunzionamenti
Etici e giuridici	problemi di trasparenza e responsabilità	black box, discriminazione, privacy

Le linee guida sull'IA mirano a garantire che i sistemi di IA rispettino l'autonomia, tutelino l'equità nelle loro operazioni, promuovano i benefici dell'IA e prevenano danni. Queste linee guida enfatizzano un insieme di principi simili a quelli dell'IA affidabile. Nel contesto lavorativo, sistemi di IA dovrebbero riflettere i seguenti principi: autonomia, (promuovendo il rispetto del diritto del lavoratore a prendere decisioni proprie e a non essere controllato da un sistema di IA), privacy (garantendo il diritto del lavoratore a controllare i propri dati e a essere informato su come il datore di lavoro li utilizza), assenza di *bias* nei dati (prevenendo risultati discriminatori) e trasparenza e responsabilità (supportando la capacità del lavoratore di comprendere come opera il sistema di IA e il significato delle sue azioni)

Le attuali linee guida per la riduzione dei rischi dell'IA sono generiche e mancano di metodi dettagliati che possano tradursi in pratiche di gestione del rischio realmente applicabili e adattate ai diversi settori industriali e alla protezione dei lavoratori. Approfondire queste linee guida ad alto livello, rendendole più coerenti con i diversi

contesti industriali, contribuirebbe a garantire la sicurezza dei sistemi di IA nei luoghi di lavoro.

L'implementazione di sistemi di IA nel contesto aziendale non è una semplice adozione tecnologica, ma un processo trasformativo che incide sull'organizzazione, sulle competenze e sulla cultura del lavoro. L'introduzione della tecnologia nei luoghi di lavoro deve essere preceduta da un'attenta analisi del processo produttivo e delle proprie esigenze al fine di selezionare le soluzioni più adeguate al contesto.

Il ministero del lavoro e delle politiche sociali nel dicembre 2025 ha adottato le “*Linee guida per l'implementazione dell'IA nel mondo del lavoro*”. Lo scopo di queste è garantire un'adozione dell'intelligenza artificiale che sia consapevole, sicura, trasparente e rispettosa dei diritti dei lavoratori, favorendo allo stesso tempo innovazione e competitività delle imprese.

Le Linee guida vogliono assicurare che l'intelligenza artificiale entri nel mondo del lavoro come uno strumento sicuro, equo e utile, capace di migliorare produttività e benessere senza sacrificare diritti, trasparenza e controllo umano.

A tal fine il ministero ha ipotizzato un processo di integrazione articolato in sei fasi, pensato per

accompagnare le imprese lungo tutto il ciclo di adozione dell'IA.

L'iter ministeriale prevede quattro prime fasi sequenziali per implementare la tecnologia (da 1 a 4) seguite da due fasi continuative (5 e 6) le quali accompagneranno il sistema di IA per tutto il suo utilizzo per verificare il suo corretto funzionamento nel tempo:

1. Valutazione preliminare e *AI Readiness*: consente all'impresa di comprendere il proprio livello di maturità tecnologica e individuare le aree di applicazione dell'IA.
2. Pianificazione strategica e governance: definisce obiettivi, budget, tempi e responsabilità, con l'introduzione di modelli di governance e policy aziendali conformi alle normative vigenti.
3. Sperimentazione (Progetti Pilota): prevede l'avvio di test controllati in ambiti circoscritti, per valutare rischi, benefici e impatti organizzativi prima di procedere con un'adozione su più ampia scala.
4. Implementazione e *Scaling*: l'estensione progressiva delle soluzioni IA ai processi principali, garantendo interoperabilità con i sistemi esistenti, qualità dei dati e coinvolgimento attivo dei lavoratori.

5. Monitoraggio, risk management e miglioramento continuo: creazione di un sistema permanente di valutazione delle performance e degli impatti, con audit periodici e aggiornamenti costanti degli algoritmi per mantenere sicurezza, trasparenza ed efficacia.
6. Valorizzazione del capitale umano: investimento in formazione, riqualificazione e inclusione, affinché l'IA diventi un fattore di crescita per i lavoratori e non di esclusione.

La prima fase consiste in un'analisi sistematica del contesto aziendale al fine di comprendere se e come l'AI possa generare valore. Partendo dalla mappatura dei processi alla valutazione della disponibilità e qualità di dati, elementi essenziali per l'applicazione della tecnologia. Parallelamente si prende in esame il livello di preparazione aziendale a livello di infrastrutture e competenze.

Le linee guida ministeriali riportano: *“Uno studio condotto su 36 PMI italiane operanti in 14 settori¹⁷ ha evidenziato che le principali barriere all'adozione dell'IA sono la mancanza di conoscenze specifiche, i costi percepiti e la bassa maturità digitale interna”*.

Una volta completata la valutazione preliminare l'impresa è chiamata a definire una strategia chiara e coerente per l'adozione dell'intelligenza artificiale.

Nella seconda fase si identificano quali processi aziendali possono trarre maggiore beneficio dalla tecnologia. Una volta individuati i processi aziendali più compatibili inizia la terza fase di sperimentazione dove si andranno a testare le soluzioni di IA su scala ridotta per valutarne l'efficacia.

L'obiettivo è duplice: da un lato, verificare l'impatto sui processi aziendali in termini di produttività, qualità e occupazione; dall'altro, coinvolgere attivamente i lavoratori, raccogliere feedback e monitorare eventuali criticità. Si prosegue poi in modo graduale all'implementazione vera e propria dell'algoritmo, così da permettere di monitorare e correggere eventuali criticità prima che queste possano amplificarsi su larga scala. Una volta resa operativa la tecnologia autonoma si dovranno istituire programmi di controllo al fine di garantire un miglioramento continuo.

Le linee guida presentate dal ministero si rilevano essere coerenti con quanto riscontrato nello studio della letteratura. Queste si rivelano essere risposte a rischi concreti: discriminazioni, errori di elaborazione, sorveglianza eccessiva. La loro funzione è trasformare l'IA da tecnologia potenzialmente opaca a tecnologia governabile, inserita in un contesto produttivo favorevole. Le linee guida ministeriali rispondono anche al

“come” un’azienda debba integrare l’IA nei processi, completando così L’AI Act che si limita a definire obblighi e categorie di rischio. Le linee guida colmano questo vuoto, offrendo un modello che rende l’adozione dell’IA un processo strutturato e verificabile. Significativo anche il fatto che il modello ministeriale non si limiti agli aspetti tecnologici, ma includa elementi di partecipazione dei lavoratori e formazione continua. Questo conferma che l’adozione dell’IA è un processo sociotecnico: richiede coordinamento tra tecnologia, organizzazione e capitale umano.

Oltre ai requisiti normativi e le linee guida ministeriali, la letteratura internazionale propone un insieme di strumenti operativi che possono supportare imprese e professionisti nella valutazione dei rischi e nell’implementazione sicura dei sistemi di IA. Questi strumenti non si limitano alla conformità tecnica, ma includono anche approcci sociotecnici che considerano il ruolo dei lavoratori e l’impatto organizzativo delle tecnologie. Il seguente contributo sintetizza alcune delle pratiche più rilevanti oggi discusse nel campo della sicurezza dell’IA.

Si propone di effettuare valutazioni dei sistemi di IA, da parte di sviluppatori di IA e professionisti della sicurezza, al fine di analizzare sicurezza, capacità e allineamento. Le valutazioni di allineamento verificano che i risultati operativi del sistema corrispondano alle intenzioni progettuali. Metodi di valutazione concreti sono stati proposti per ciascun principio dell’IA affidabile.

Un audit indipendente potrebbe essere utilizzato per valutare i rischi delle capacità del sistema di IA attraverso strumenti come la trasparenza algoritmica. In attesa dello sviluppo di metodi e standard di audit specifici per l’IA, è possibile condurre audit basati su standard consolidati di valutazione e gestione del rischio. I risultati degli audit possono essere utilizzati per verificare se i componenti del sistema consentono un’analisi trasparente o se sono protetti come segreto industriale, per esaminare i rischi individuati e per sviluppare misure di mitigazione prima dell’implementazione.

Un modo molto semplice di aumentare la sicurezza dei sistemi di IA sarebbe introdurre delle certificazioni. La certificazione dei sistemi di IA può incentivare gli sviluppatori ad adottare principi di IA affidabile nella fase di progettazione e consentire agli utenti finali di verificare tali caratteristiche nei sistemi implementati. Sebbene alcune organizzazioni private stiano iniziando a offrire certificazioni, il loro successo dipenderà dalla domanda del mercato o da eventuali mandati governativi. Tuttavia, audit e certificazioni presentano

limiti: alcuni rischi progettuali possono emergere solo dopo l'implementazione, e problemi imprevisti possono essere difficili da ricondurre alla loro origine algoritmica.

Oltre alla tecnologia, è necessario concentrarsi sui lavoratori che interagiscono con i sistemi di IA. Un approccio sociotecnico garantisce che le operazioni tecniche siano eticamente allineate ai valori umani di sicurezza, salute e benessere.

I lavoratori non sono semplici collaboratori: sono parte integrante del sistema, influenzano il comportamento dell'IA e ne subiscono gli effetti. Ignorare questa dimensione significa sottovalutare una componente essenziale del rischio.

5.5 – Il ruolo dell'alfabetizzazione.

La presenza di sistemi autonomi, specialmente quelli ad “alto rischio” (secondo il regolamento europeo), prevede un'interazione uomo-IA. La convivenza con questi sistemi nei luoghi di lavoro è il punto cardine per una loro sicura ed efficace integrazione. Gli studi evidenziano come un alto livello di fiducia emotiva e cognitiva verso gli algoritmi possa migliorare l'integrazione di tali sistemi nei processi produttivi; risultato che può essere raggiunto anche tramite la trasparenza.

Per questo si può affermare che l'alfabetizzazione in materia di IA sia una parte cruciale per la convivenza uomo-macchina, in quanto, crea fiducia e migliora le interazioni tra operatore e macchina autonoma.

L'alfabetizzazione all'IA si riferisce alle conoscenze, alla consapevolezza e al pensiero critico necessari per comprendere come funziona l'intelligenza artificiale, le sue applicazioni e le implicazioni etiche e sociali che comporta. L'alfabetizzazione in materia di IA è altrettanto essenziale per permette ai lavoratori di adattarsi con fiducia al luogo di lavoro in evoluzione.

Dallo studio della letteratura è emerso che l'alfabetizzazione all'IA rappresenta un importante antecedente della fiducia dei dipendenti nelle organizzazioni. L'alfabetizzazione svolge un ruolo fondamentale nel plasmare la fiducia individuale e le percezioni riguardo all'IA. La fiducia nelle nuove tecnologie organizzative predice la loro accettazione e il loro utilizzo. Numerosi studi hanno rilevato un legame positivo tra alfabetizzazione e fiducia dei lavoratori. Sebbene l'IA possa aumentare la fiducia dei dipendenti, alcune evidenze empiriche mostrano che un'eccessiva sicurezza senza un'adeguata alfabetizzazione critica può portare a un uso improprio o a una fiducia cieca

nelle organizzazioni. Quando le aziende adottano una comunicazione positiva e coinvolgono i dipendenti nei processi di implementazione dell'IA i livelli di accettazione migliorano. Pertanto, fornire un'adeguata alfabetizzazione all'IA aumenta la fiducia dei dipendenti e la percezione dell'utilità dell'IA, favorendo una collaborazione uomo-IA più efficace.

L'alfabetizzazione in materia di IA può svolgere un ruolo cruciale nel ridurre la paura e la resistenza dei lavoratori verso l'adozione di tecnologie basate sull'IA nelle organizzazioni. I dipendenti con un livello più elevato di alfabetizzazione all'IA tendono a mostrare atteggiamenti più adattivi nei confronti dell'automazione. Si sostiene inoltre l'importanza di fornire programmi di formazione che spieghino il ruolo dell'IA come strumento di supporto e potenziamento, piuttosto che come sostituto dei lavoratori.

Alcune ricerche sostengono che i dipendenti sperimentano lacune di conoscenza che generano paura, soprattutto quando un'organizzazione introduce trasformazioni basate sull'IA in modo rapido. Pertanto, per ridurre paura e resistenza, l'alfabetizzazione può diventare uno strumento fondamentale per facilitare transizioni più fluide.

L'alfabetizzazione può inoltre favorire un coinvolgimento più attivo e consapevole, in cui i dipendenti non sono semplici utilizzatori passivi, ma possono agire come veri e propri collaboratori dell'IA. Quando i dipendenti comprendono sia il potenziale sia i limiti dell'IA, percepiscono un maggiore controllo sul proprio lavoro e lo vivono come più significativo. Pertanto, l'alfabetizzazione in materia di AI consente di passare dalla semplice accettazione alla piena partecipazione nell'utilizzo degli strumenti e delle tecniche basate sull'IA all'interno delle organizzazioni.

5.6 – I programmi di alfabetizzazione e di formazione.

L'obiettivo è garantire un accesso inclusivo all'alfabetizzazione, indipendentemente dal settore di appartenenza o dal livello di competenze digitali posseduto.

Oltre a fornire competenze tecniche, la formazione sull'IA deve includere anche una componente di sensibilizzazione sui rischi legati all'uso delle tecnologie intelligenti, con particolare attenzione alla sicurezza dei dati e all'equità nei processi decisionali, ai rischi di sorveglianza e alla discriminazione algoritmica.

L'uso dell'IA nei contesti lavorativi può generare problematiche legate alla sorveglianza dei dipendenti e all'applicazione di algoritmi per la selezione del personale o la

valutazione delle performance. È fondamentale che i lavoratori conoscano i propri diritti e le tutele esistenti, evitando abusi da parte delle aziende nell'utilizzo di sistemi IA per monitorare le attività lavorative; per questo è fondamentale implementare dei moduli sulla normativa nei vari corsi di formazione.

L'alfabetizzazione è un insieme di competenze e abilità fondamentali che permettono alle persone di comprendere come funziona l'intelligenza artificiale, valutare in modo responsabile i sistemi di IA e utilizzare l'IA in modo efficace come strumento centrato sull'essere umano in diversi contesti adattandosi al suo continuo evolversi.

Man mano che i datori di lavoro di diversi settori integrano tecnologie di intelligenza artificiale nelle loro operazioni, essi cercano personale che possieda competenze tecniche legate all'IA.

Un tipico programma di alfabetizzazione essere in linea con l'articolo quattro del regolamento europeo, i programmi devono seguire esplicitamente il regolamento attraverso l'implementazione di moduli che permettano di: comprendere come l'IA funzioni, acquisire consapevolezza dei rischi, dei benefici e delle questioni etiche legate all'utilizzo dell'IA e che garantiscano una corretta informazione al fine di un uso responsabile.

Inoltre, i programmi devono avere un gruppo destinatario ben definito, i programmi devono essere formulati per professionisti, imprese o lavoratori, non solamente per personale qualificato, e devono essere accessibili e trasparenti.

Un tipico programma di alfabetizzazione comprende diversi moduli progressivi, che guidano i partecipanti dalla comprensione dei fondamenti dell'intelligenza artificiale fino alle competenze necessarie per utilizzarla in modo responsabile nei contesti professionali. Per comprendere come potrebbe essere strutturato un percorso formativo coerente con le esigenze emerse dalla letteratura e con i requisiti dell'AI Act, è possibile fare riferimento ai modelli di corsi di formazione più diffusi nei programmi formativi internazionali, anche se non strettamente legati all'IA. L'IA è pur sempre una macchina. L'analisi dei materiali disponibili mostra una notevole convergenza su alcuni contenuti fondamentali: una parte introduttiva dedicata ai concetti di base, una sezione tecnica sul funzionamento degli algoritmi, un modulo sugli impatti e sui rischi, un approfondimento sulla *governance* e sulla normativa, e infine una parte orientata alle competenze future. Sulla base di questi elementi ricorrenti è stato possibile sintetizzare un esempio di struttura formativa,

riportato nella seguente tabella, che rappresenta un modello di riferimento per programmi di alfabetizzazione destinati ai lavoratori che interagiscono con sistemi di IA.

Tabella 4: Struttura di un ipotetico corso di alfabetizzazione

Modulo e Titolo	Contenuti	Rilevanza
1-Introduzione all'Intelligenza Artificiale (IA)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Che cos'è l'IA? 2. Breve storia ed evoluzione dell'IA 3. Tipi e rami dell'IA 4. L'importanza dell'alfabetizzazione 	Fornisce ai lavoratori una comprensione di base dell'IA, delle sue definizioni e delle sue principali tipologie. Base fondamentale per un uso consapevole.
2-I concetti alla base del funzionamento dell'IA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Il concetto di algoritmo 2. L'addestramento dell'IA: come "pensa" l'IA 3. Il ruolo dei dati nell'IA 4. Il flusso di lavoro di base di un sistema di IA 	Le nozioni tecniche sono il punto centrale. Consentono ai lavoratori di interpretare gli <i>output</i> dei sistemi al fine di correggere eventuali errori e ridurre l'effetto "black box".
3-Applicazioni e impatti dell'IA	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'IA nella vita quotidiana 2. Applicazioni dell'IA 3. Benefici, sfide e rischi dell'IA 	Introdurre i benefici e mostrare le applicazioni dell'IA aiuta a superare le diffidenze e le paure verso il cambiamento, riducendo il rischio di stress.
4-Governance dell'IA e AI Act europeo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Governance e regolamentazione dell'IA 2. L'AI Act dell'Unione Europea 3. IA responsabile e affidabile 4. La valutazione dei sistemi di IA: il ruolo dell'essere umano nel ciclo 	Introdurre la normativa è fondamentale per far conoscere ai lavoratori i propri diritti. Inoltre, spiegare il concetto di <i>governance</i> aiuta a sottolineare la necessità di supervisione umana.
5-Il futuro con l'IA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tendenze emergenti 2. Prepararsi a un mondo guidato dall'IA 3. Promuovere l'uso dell'IA 	Anche questo modulo aiuta nella preparazione psicologica del lavoratore preparandolo al cambiamento. Questo al fine di ridurre ansia, stress e paura di sostituzione.

I programmi di alfabetizzazione portano quindi all'acquisizione di:

- **Conoscenze tecniche:** i lavoratori ottengono una comprensione di base del funzionamento dei sistemi di IA, incluse le loro capacità operative e i loro limiti intrinseci. Questa consapevolezza permette di interpretare correttamente ciò che l'IA può o non può fare, evitando sia sovrastima sia sfiducia ingiustificata; questo significa chiarire le basi dei sistemi IA utilizzati (principi di visione artificiale, sensoristica di sicurezza). Ad esempio, un operatore di linee di montaggio deve sapere come i sensori di prossimità dei robot funzionano e perché è rischioso interferire con essi. Questi contenuti tecnici prevengono incidenti derivanti da un uso errato dell'IA e favoriscono la manutenzione corretta in sicurezza.
- **Conoscenze pratiche:** queste consentono ai lavoratori di interpretare correttamente gli output delle macchine autonome. Questo è essenziale per aumentare la familiarità con i sistemi e valutare gli output dell'IA verificandoli con fonti esterne.
- **Competenze analitiche:** l'interazione con l'IA richiede capacità critiche e interpretative. I lavoratori devono saper: riconoscere limiti e potenziali bias dei sistemi, applicare capacità di *problem solving* che completino l'analisi automatizzata e interpretare e contestualizzare le informazioni prodotte dall'IA per trarne insight significativi.
- **Competenze interpersonali e comunicative:** i lavoratori devono saper collaborare efficacemente con sistemi automatizzati e, allo stesso tempo, essere in grado di spiegare processi e risultati dell'IA a colleghi, manager o stakeholder. Questo include anche la capacità di lavorare in gruppi ibridi composti da persone e sistemi di IA.
- **Valutazione etica:** i lavoratori devono essere in grado di riconoscere situazioni problematiche e adottare comportamenti che garantiscano un impiego dell'IA conforme ai principi di equità, trasparenza e tutela degli individui.

I lavoratori di oggi e di domani devono essere in grado di valutare criticamente e verificare le informazioni prodotte dagli strumenti di intelligenza artificiale, integrando tali output per realizzare un lavoro accurato e di alta qualità. Gli strumenti di IA possono

ridurre attività pericolose o ripetitive, permettendo ai lavoratori di dedicarsi a compiti di livello superiore che richiedono creatività, *problem solving*, capacità analitiche, comunicazione, collaborazione e pensiero critico.

I lavoratori del futuro dovranno anche conoscere i principi etici dell'uso responsabile dell'IA e comprendere i rischi di bias e discriminazione che possono derivare dalla sua implementazione.

L'integrazione dell'IA nei contesti professionali dovrebbe sempre prevedere spazi per l'intervento umano, la revisione e la supervisione, così da garantire un'implementazione etica e responsabile che complementi, e non sostituisca, il lavoro umano.

L'AI literacy promuove inoltre un approccio di apprendimento continuo, aiutando i lavoratori a sviluppare la capacità di adattarsi ai nuovi avanzamenti tecnologici che caratterizzano la società contemporanea.

Comunque sia, nel panorama attuale dell'alfabetizzazione in materia di IA emergono diverse lacune e sfide. Innanzitutto, manca ancora un insieme di standard condivisi che definisca in modo chiaro quali conoscenze e abilità debbano essere considerate essenziali per i lavoratori che interagiscono con sistemi di IA. A questo si aggiungono forti differenze tra settori produttivi, che rendono difficile sviluppare percorsi formativi universalmente validi e trasferibili. Un'ulteriore criticità riguarda la necessità di una formazione continua: l'evoluzione rapida delle tecnologie richiede aggiornamenti costanti. Infine, si registra il rischio di *automation complacency*, ovvero una fiducia eccessiva nei sistemi automatizzati che può portare a ridurre la vigilanza umana e a sottovalutare errori o bias dell'IA. Questi elementi ostacolano una diffusione omogenea ed efficace delle competenze necessarie nei luoghi di lavoro al fine di un'efficace e sicura convivenza con i sistemi autonomi.

Evidente la necessità del costruire una cultura dell'IA solida e strettamente legata alla sicurezza e all'efficacia del lavoro.

6 – Discussione.

Negli ultimi anni l'intelligenza artificiale (IA) è diventata una presenza sempre più evidente nella vita quotidiana: dai sistemi di raccomandazione ai servizi di assistenza automatizzata, fino ai *chatbot* integrati in quasi ogni piattaforma digitale. Sebbene oggi se ne parli con una certa intensità, l'IA non è una tecnologia nata di recente. Le sue basi teoriche risalgono alla metà del Novecento e il suo impiego in ambito industriale ha iniziato a diffondersi in modo significativo già nei primi anni 2000.

Ciò che è cambiato, soprattutto nell'ultimo decennio, è la rapidità con cui queste tecnologie si sono evolute, diventando più potenti, più accessibili e capaci di interagire con gli esseri umani in forme sempre più naturali. L'avanzamento degli algoritmi, unito alla crescente disponibilità di dati e ad una maggiore potenza dei computers, hanno reso possibile una collaborazione sempre più stretta tra operatori umani e sistemi intelligenti. Inoltre, solo recentemente si sono visti i primi tentativi di regolamentazione della materia, con l'introduzione di normative e linee guida che mirano a garantire un utilizzo responsabile e trasparente. L'emergere di tali regolamenti evidenzia quanto l'IA sia ormai considerata un elemento centrale della nostra società, e quanto sia necessario governarne l'impatto. Come ogni tecnologia, anche l'IA è destinata a migliorare ulteriormente, ampliando le proprie capacità e integrandosi in nuovi contesti applicativi.

In che modo questa crescita influenzerà la nostra vita quotidiana e il nostro modo di lavorare?

È proprio nei luoghi di lavoro che l'IA sta mostrando alcune delle sue applicazioni più concrete, trasformando processi produttivi, modelli organizzativi, ruoli professionali e competenze richieste nel mondo del lavoro. Analizzare come queste tecnologie vengono adottate nelle diverse realtà lavorative e quali effetti producono sui lavoratori permette di comprendere non solo le opportunità, ma anche le criticità.

6.1 – Sintesi dei risultati.

Dall'analisi della letteratura emerge come l'IA sia uno strumento estremamente plastico e vario caratterizzato da applicazioni teoricamente illimitate. Le tipologie di algoritmi oggi disponibili sono numerose, ma la diffusione più ampia riguarda i sistemi capaci di interpretare e generare testi, comunemente definiti "IA generativa"; non a caso l'IA è maggiormente diffusa nel settore terziario.

Questo dato suggerisce come l'adozione dell'IA sia attualmente guidata dalla facilità di integrazione nei processi cognitivi e digitali, mentre i settori produttivi più tradizionali risultano ancora vincolati da barriere economiche e tecnologiche.

Nel settore terziario l'IA generativa viene usata sia come supporto diretto per mansioni cognitive sia come ausilio nella gestione dell'impresa. Per esempio, sistemi di IA che aiutano nella traduzione di testi o che monitorano i lavoratori a fini di sicurezza e produttività: di recente una nota azienda privata che offre servizi di trasporto tramite piattaforma digitale, ha affermato di monitorare i propri autisti tramite algoritmi sia per identificare comportamenti pericolosi che per valutare la qualità del servizio. Questi impieghi contribuiscono a migliorare l'efficienza e la produttività, soprattutto nelle attività di natura intellettuale.

Per quanto riguarda il settore secondario, e in parte anche quello primario, l'intelligenza artificiale non è ancora ampiamente diffusa. Questo perché la sua implementazione nei processi produttivi richiede un maggiore investimento sia di capitale monetario che umano.

In ambito industriale prevalgono sistemi di IA non generativa, principalmente dedicati all'analisi di grandi quantità di dati e alla produzione di output specifici in base al compito per cui sono stati addestrati.

Anche all'interno dei processi produttivi i sistemi autonomi possono trovare illimitati utilizzi e il loro impiego aumenta la produttività, migliora la qualità dei processi e introduce strumenti avanzati di prevenzione, come la manutenzione predittiva e il monitoraggio ambientale.

Ad oggi, nel settore secondario, l'IA viene usata maggiormente nell'automazione delle mansioni.

Le macchine sono già capaci di svolgere compiti ripetitivi con elevata precisione e in tempi ridotti, con l'implementazione dell'IA il numero delle possibili mansioni automatizzabili non farà altro che in quanto la tecnologia permette di sviluppare macchine sempre più adattabili al processo produttivo. Anche le attività difficili da rendere autonome, cioè che richiedono: percezione, intelligenza creativa e sociale, potrebbero essere svolte da moduli di IA.

La tecnologia non si limita infatti a sostituire le sole attività manuali: l'IA interviene anche in processi decisionali, di supervisione e di analisi. Nei contesti industriali, i sistemi

intelligenti sono in grado di raccogliere e analizzare in tempo reale dati provenienti dai macchinari, identificando anomalie, prevedendo guasti e intervenendo automaticamente sulla produzione. L'IA viene sempre più utilizzata anche per il monitoraggio delle condizioni dei lavoratori. Tecnologie come i dispositivi di protezione individuale intelligenti (smart DPI), dotati di sensori biometrici, permettono di rilevare parametri fisiologici, posture scorrette o situazioni di pericolo. Sistemi basati su computer vision possono invece analizzare l'ambiente di lavoro, riconoscere comportamenti pericolosi, rischi di investimento o violazioni delle procedure di sicurezza e inviare segnalazioni tempestive. L'automazione, dunque, non riguarda solo l'esecuzione dei compiti, ma si estende alla supervisione, alla prevenzione e alla gestione complessiva dei processi produttivi.

Ovviamente tutte queste modifiche del processo produttivo e del luogo di lavoro hanno un impatto diretto sui lavoratori. La trasformazione tecnologica non riguarda soltanto gli strumenti utilizzati, ma ridefinisce le mansioni, le competenze richieste e le condizioni stesse in cui il lavoro viene svolto.

Questa evoluzione genera nuove forme di pressione e nuove tipologie di rischio. Da un lato emergono rischi psicologici, legati allo stress da sorveglianza, alla percezione di essere costantemente valutati da algoritmi e al timore di sostituzione. Dall'altro lato si manifestano rischi tecnici e organizzativi, connessi alla qualità dei dati, ai bias dei modelli, alla scarsa trasparenza delle decisioni automatizzate e alla mancanza di adeguate procedure di governance. A questi si aggiungono rischi etici, relativi all'attribuzione delle responsabilità e alla difficoltà di comprendere o contestare decisioni prese da sistemi opachi.

In questo scenario, l'alfabetizzazione all'IA assume un ruolo cruciale. La capacità dei lavoratori di comprendere il funzionamento degli algoritmi, i loro limiti e le loro potenzialità diventa una condizione essenziale per un'interazione sicura ed efficace con le tecnologie intelligenti. Le evidenze mostrano che le imprese che investono in formazione e sviluppo delle competenze riescono a integrare l'IA in modo più consapevole, riducendo errori, resistenze e rischi operativi. Al contrario, la mancanza di conoscenze adeguate amplifica le criticità e limita i benefici dell'innovazione.

6.2 – Interpretazione a luce del quadro normativo.

Il quadro normativo europeo e nazionale conferma e rafforza quanto emerso dalla letteratura. L'AI Act introduce una classificazione dei sistemi di IA basata sul rischio e impone obblighi stringenti per i sistemi ad alto rischio, tra cui molti di quelli utilizzati nei luoghi di lavoro (smart DPI, robot collaborativi o sistemi di monitoraggio). Questi obblighi riguardano trasparenza, qualità dei dati, robustezza, cybersecurity e soprattutto sorveglianza umana adeguata.

Il regolamento europeo introduce obblighi specifici per chi sviluppa o utilizza sistemi IA, sulla formazione degli operatori. In particolare, l'Art. 4 impone ai fornitori e *deployers* di sistemi IA di “*adottare misure per garantire... un livello sufficiente di alfabetizzazione in materia di IA del loro personale*”. Ciò si traduce in corsi obbligatori per i dipendenti che usano applicazioni IA, calibrati sulle loro competenze e sul contesto d'uso.

Le nuove normative italiane in materia (Legge n.132/2025) rafforzano i principi sanciti dal regolamento ribadendo che l'IA in azienda va trattata come una tecnologia particolare che può incidere in modo unico su salute e sicurezza.

Con la normativa recente, si sta delineando un quadro regolatorio specifico che supera l'approccio generale e introduce obblighi mirati in funzione dei rischi e degli impatti dei sistemi di IA.

Nonostante l'AI Act introduca il principio della sorveglianza umana e dall'alfabetizzazione, non ne definisce le modalità operative e di esecuzione. È qui che interviene il D.Lgs. 81/08, che impone formazione, aggiornamento e valutazione dei rischi ogni volta che vengono introdotte nuove tecnologie. Per questo occorre mappare i sistemi IA, informare i lavoratori sui processi decisionali automatizzati, garantire sorveglianza umana e includere l'IA nella valutazione DVR (con rischi tecnologici, organizzativi e psicosociali).

D'altronde il D.Lgs. 81/2008 obbliga il datore di lavoro a valutare tutti i rischi (Art. 28), compresi quelli introdotti da nuove tecnologie, e a informare/formare periodicamente i lavoratori sui rischi specifici e sulle procedure di sicurezza (Art. 36-37).

I corsi di alfabetizzazione IA, oltre a essere prescritti dall'AI Act, sono quindi coerenti con gli obblighi di aggiornamento formativo del D.Lgs. 81/08, soprattutto al momento dell'introduzione di nuove tecnologie.

La formazione all'IA contribuisce a: migliorare il riconoscimento dei rischi specifici (opacità algoritmica, bias, perdita di consapevolezza situazionale); garantire che il personale abbia competenza e autorità per svolgere il controllo umano richiesto; infine soddisfare gli obblighi di informazione e consultazione dei lavoratori previsti dalla legislazione italiana.

I datori di lavoro che vorranno introdurre l'IA all'interno delle loro aziende dovranno quindi: integrare i sistemi IA nel Documento di Valutazione dei Rischi, prevedere moduli di formazione IA specifici nei piani formativi aziendali (in linea con i requisiti dell'alfabetizzazione sanciti dall'AI Act), istituire programmi di supervisione dei sistemi adottati e coinvolgere RLS e Medico Competente per valutare gli effetti dei sistemi sui lavoratori.

In conclusione, L'AI Act non sostituisce la normativa sulla sicurezza del lavoro, ma vi si affianca, definendo obblighi tecnologici e organizzativi specifici che devono essere integrati nel sistema prevenzionistico.

6.3 – Implicazioni per la prevenzione.

L'intelligenza artificiale, nei contesti di prevenzione, provoca duplici effetti: da un lato può potenziare le misure di sicurezza rendendole più efficaci e tempestive; dall'altro introduce nuovi rischi, soprattutto quando è essa stessa utilizzata come misura di prevenzione e protezione.

Un elemento centrale per la prevenzione è la qualità del “*coding*”, inteso come la progettazione, la configurazione e l'addestramento corretti dei sistemi di IA. L'AI Act richiede ai fornitori di garantire che i sistemi siano sviluppati e impostati in modo sicuro, con dati adeguati e parametri appropriati, oltre alla stesura di istruzioni operative. Un errore nella fase di coding o di configurazione può infatti tradursi in un errore da parte dell'algoritmo nell'interpretazione dei dati con rischio diretto per la salute e la sicurezza dei lavoratori.

Anche i *deployers*, o datori di lavoro, giocano un ruolo nel prevenire incidenti. A loro spetta adottare misure tecniche ed organizzative appropriate per garantire l'uso corretto dei sistemi di AI, in relazione anche alle istruzioni d'uso fornite dai fornitori.

Altro punto cruciale per prevenire possibili danni da sistemi di AI è l'alfabetizzazione in materia di IA.

Per prevenire eventuali danni non basta garantire la sicurezza dei sistemi autonomi, ma occorre intervenire anche su quella dell'interazione uomo–algoritmo. Questo implica formazione continua, trasparenza dei sistemi, procedure di supervisione umana e chiare responsabilità.

L'alfabetizzazione in materia di IA emerge come una propria misura di prevenzione centrale: riduce stress e resistenza, migliora la capacità di interpretare gli output, aumenta la fiducia nei sistemi e permette ai lavoratori di intervenire in caso di anomalie. La formazione non è semplicemente un adempimento normativo, ma una condizione necessaria per la sicurezza.

Le competenze acquisite durante la formazione devono riguardare anche i rischi di tipo psicologico (come lo stress da sorveglianza automatica) e fisico (malfunzionamenti di sistemi ad altro rischio).

I lavoratori devono imparare a interpretare i segnali di allarme o i sintomi di un errore da parte dell'IA (output incoerenti, allarmi sonori/luminosi del software). Ad esempio, se un sistema di visione artificiale segnala una sovrapposizione di segnali errata, l'operatore deve saper fermare l'attrezzatura. I corsi dovrebbero quindi includere casi studio reali, esercizi di interpretazione e simulazioni di scenari “difettosi”, riducendo il rischio di proseguire l'attività in presenza di anomalie.

Questo è fondamentale per garantire un'efficace sorveglianza umana, misura di mitigazione imposta dal regolamento per i sistemi ad alto rischio. Il regolamento non elenca i requisiti necessari per ricoprire i ruoli legati alla sorveglianza umana; ma un lavoratore con tale compito deve essere munito di una forte consapevolezza situazionale e capace di mantenere sempre un controllo attivo sull'algoritmo.

La formazione è basilare anche per mitigare il rischio di porre troppa fiducia nel sistema di IA e abbassare la guardia. L'alfabetizzazione deve rafforzare la consapevolezza situazionale, ad esempio, educando l'autista di un veicolo autonomo a monitorare costantemente l'ambiente e non solo il cruscotto digitale. Ciò comprende anche l'addestramento sulle limitazioni note degli algoritmi (per esempio fallimenti noti della visione artificiale in condizioni di scarsa luminosità) per prevenire errori di supervisione. In sintesi, la prevenzione nell'era dell'IA non riguarda solo la sicurezza delle macchine, ma la sicurezza dell'interazione uomo–algoritmo. Coding corretto, formazione continua

e supervisione umana competente diventano elementi strutturali del sistema prevenzionistico.

6.4 – Limiti dello studio.

Questo studio presenta alcuni limiti. Dal punto di vista metodologico, la revisione narrativa non consente una valutazione sistematica della qualità degli studi e può introdurre un'errata selezione delle fonti. Inoltre, la letteratura sull'alfabetizzazione in materia di IA nei contesti produttivi è ancora contenuta, poiché si tratta di un tema emergente, e ciò ha ridotto il numero di studi disponibili.

Dal punto di vista normativo, l'AI Act è recente e molte interpretazioni operative sono ancora in evoluzione, rendendo difficile valutare l'impatto reale delle nuove disposizioni. Infine, la mancanza di studi longitudinali e di dati specifici sul contesto italiano limita la possibilità di generalizzare i risultati.

7 – Conclusioni.

L'introduzione dell'intelligenza artificiale nei luoghi di lavoro rappresenta una trasformazione profonda del mondo del lavoro. L'IA non è una tecnologia neutra: modifica i processi decisionali, introduce nuove forme di rischio e ridefinisce il rapporto tra lavoratore e macchina. La letteratura mostra come il rischio di errori algoritmici, l'opacità dei modelli e la possibile perdita di consapevolezza situazionale rendano necessario l'attuazione di misure preventive specifiche.

Il quadro normativo europeo e nazionale conferma questa esigenza. L'AI Act introduce obblighi specifici per i sistemi ad alto rischio, tra cui trasparenza, robustezza, supervisione umana e alfabetizzazione del personale. Il D.Lgs. 81/08 colma la parte operativa per rendere effettivi tali principi, imponendo valutazione dei rischi, formazione, informazione e procedure di controllo.

Dall'analisi emerge che la prevenzione nell'era dell'IA richiede tre elementi fondamentali: un corretto “*coding*” e una configurazione sicura dei sistemi; una supervisione umana competente e continua; e un livello adeguato di alfabetizzazione in materia di IA per tutti i lavoratori coinvolti. Senza queste condizioni, l'IA rischia di diventare una fonte di pericolo anziché uno strumento utile per la produttività e la sicurezza.

L'alfabetizzazione si configura quindi come una misura di prevenzione che permette di interpretare gli output, riconoscere anomalie, mantenere la consapevolezza situazionale e intervenire tempestivamente, evitando una troppa fiducia nei confronti dei sistemi autonomi.

In conclusione, la sfida non è scegliere se adottare o meno l'IA, ma come integrarla nel mondo del lavoro in modo sicuro, trasparente e responsabile.

8 – Bibliografia e sitografia.

1. A. M. TURING, I.—COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE, *Mind*, Volume LIX, Issue 236, October 1950, Pages 433–460, (DOI: <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>).
2. EUROSTAT, 2025, *Use of artificial intelligence in enterprises*. ([link](#)).
3. CONFINDUSTRIA, 2025, *L'intelligenza artificiale accelera nelle imprese italiane*. ([link](#)).
4. Filippucci, F. et al. (2024), “The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth: Key mechanisms, initial evidence and policy challenges”, *OECD Artificial Intelligence Papers*, No. 15, OECD Publishing, Paris, (DOI: <https://doi.org/10.1787/8d900037-en>).
5. Khurram, M.; Zhang, C.; Muhammad, S.; Kishnani, H.; An, K.; Abeywardena, K.; Chadha, U.; Behdian, K., “Artificial Intelligence in Manufacturing Industry Worker Safety: A New Paradigm for Hazard Prevention and Mitigation”. *Processes* 2025, 13, 1312. (DOI: <https://doi.org/10.3390/pr13051312>)
6. Immad A Shah, SukhDev Mishra, “Artificial intelligence in advancing occupational health and safety: an encapsulation of developments”, *Journal of Occupational Health*, Volume 66, Issue 1, January-December 2024, uiad017, (DOI: <https://doi.org/10.1093/joccu/uiad017>)
7. Soulami M, Benchekroun S and Galiulina A (2024), “Exploring how AI adoption in the workplace affects employees: a bibliometric and systematic review”. *Front. Artif. Intell.* 7:1473872. (DOI: 10.3389/frai.2024.1473872).
8. Praveena Thevisuthan, “The impact of artificial intelligence literacy on employee engagement and trust in organizational AI integration: A systematic review.”, *International Journal of Science and Research Archive*, 2025, 16(02), 658-662. (DOI: <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2025.16.2.2356>)
9. Liu, X.; Zhang, L.; Wei, X. “Generative Artificial Intelligence Literacy: Scale Development and Its Effect on Job Performance”. *Behav. Sci.* 2025, 15, 811. (DOI: <https://doi.org/10.3390/bs15060811>).
10. Qazi, I.A., Ali, A., Khawaja, A.U. et al. “Large language model diagnostic assistance for physicians in a lower-middle-income country: a randomized controlled trial”. *Nat. Health* 1, 198–205 (2026). (DOI: <https://doi.org/10.1038/s44360-025-00007-8>).

11. How AI-Augmented Training Improves Worker Productivity (IZA Discussion Papers, No. 18224, **2025**).
12. Adityaksa, R. and Suyoso, A.L.A. (**2025**), “The Impact of AI Adoption on Job Engagement and Employee Trust”, *Golden Ratio of Human Resource Management*. 5, 1 (Jan. 2025), 133–140. (DOI: <https://doi.org/10.52970/grhrm.v5i1.701>).
13. Bruno Miranda Henrique, Eugene Santos, “Trust in artificial intelligence: Literature review and main path analysis”, *Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, Volume 2, Issue 1, **2024**, 100043, ISSN 2949-8821, (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chbah.2024.100043>).
14. Balachandar Jeganathan, “AI-Powered Ergonomics: Enhancing Workplace Safety through Posture Detection.”, March **2025**, *International Journal of Research and Scientific Innovation XII(II)*:410-429 (DOI:[10.51244/IJRSI.2025.12020037](https://doi.org/10.51244/IJRSI.2025.12020037)).
15. Islam MT, Sepanloo K, Woo S, Woo SH, Son Y-J, “A Review of the Industry 4.0 to 5.0 Transition: Exploring the Intersection, Challenges, and Opportunities of Technology and Human–Machine Collaboration.”, *Machines*. **2025**; 13(4):267. (DOI: <https://doi.org/10.3390/machines13040267>).
16. Jetha, A., Crouch, M., Vold, K. *et al.*, “Artificial intelligence in the workplace: a living systematic review protocol on worker safety, health, and well-being implications.”, *Syst Rev* 14, 255 (**2025**). (DOI: <https://doi.org/10.1186/s13643-025-03000-0>).
17. Goh, E., Gallo, R.J., Strong, E. *et al.* “GPT-4 assistance for improvement of physician performance on patient care tasks: a randomized controlled trial.”, *Nat Med* 31, 1233–1238 (**2025**). (DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-024-03456-y>).
18. Emilia Filippi, Mariasole Bannò, Sandro Trento, “Automation technologies and their impact on employment: A review, synthesis and future research agenda”, *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 191, **2023**, 122448, ISSN 0040-1625, (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122448>).
19. Becker, P. and Morawetz, J. (**2004**), “Impacts of health and safety education: Comparison of worker activities before and after training”. *Am. J. Ind. Med.*, 46: 63-70. (DOI: <https://doi.org/10.1002/ajim.20034>).
20. Huang L and Zhao Y (**2025**), “The impact of AI literacy on work–life balance and job satisfaction among university faculty: a self-determination theory perspective.” *Front. Psychol.* 16:1669247. (DOI: [10.3389/fpsyg.2025.1669247](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1669247))

21. Khurram M, Zhang C, Muhammad S, Kishnani H, An K, Abeywardena K, Chadha U, Behdinan K., “Artificial Intelligence in Manufacturing Industry Worker Safety: A New Paradigm for Hazard Prevention and Mitigation.” *Processes*. **2025**; 13(5):1312. (DOI: <https://doi.org/10.3390/pr13051312>).
22. Soulami M, Benchekroun S and Galiulina A (**2024**), “Exploring how AI adoption in the workplace affects employees: a bibliometric and systematic review.” *Front. Artif. Intell.* 7:1473872. (DOI: 10.3389/frai.2024.1473872).
23. Yunshuo Liu, Yanbin Li, “Does human-AI collaboration promote or hinder employees’ safety performance? A job demands-resources perspective.”, *Safety Science*, Volume 188, **2025**, 106872, ISSN 0925-7535, (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2025.106872>).
24. Green, A. (**2024**), “Artificial intelligence and the changing demand for skills in the labour market”, *OECD Artificial Intelligence Papers*, No. 14, OECD Publishing, Paris, (DOI: <https://doi.org/10.1787/88684e36-en>).
25. OECD (**2025**), “Bridging the AI skills gap: Is training keeping up?”, OECD Publishing, Paris, (DOI: <https://doi.org/10.1787/66d0702e-en>).
26. Linee guida per l’implementazione dell’IA nel modo del lavoro. Ministero del lavoro e delle politiche sociali, **2025** ([link](#)).
27. Smart DPI: prospettive, applicazione e gestione. INAIL **2025** ([link](#)).
28. Diritto della sicurezza sul lavoro rivista dell’osservatorio Olympus del 02/2024 ([link](#))
29. <https://www.istat.it/comunicato-stampa/impres-e-ict-anno-2025/>
30. <https://www.confindustria.aq.it/post/centro-studi-confindustria-indagine-lavoro-2025-1-intelligenza-artificiale-accelera-nelle-impres>
25. <https://www.confindustria.it/pubblicazioni/indagine-confindustria-sul-lavoro-del-2025/>
26. <https://unindustriacalabria.it/2025/12/09/indagine-lavoro-2025-lia-accelera-nelle-impres-italiane/>
27. <https://www.puntosicuro.it/robotica-intelligenza-artificiale-C-137/formazione-obbligatoria-cosa-prevede-il-regolamento-ue-2025-sull-ia-AR-25303/>
28. <https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:legge:2025;132>
29. <https://www.lavoro.gov.it/pagine/osservatorio-sulladozione-di-sistemi-di-intelligenza-artificiale-nel-mondo-del-lavoro>
30. <https://www.normattiva.it/esporta/attoCompleto?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2025-09-25&atto.codiceRedazionale=25G00143>

31. <https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:decreto.legislativo:1997-05-26;152~art1bis>
32. <https://cordis.europa.eu/project/id/871237/it>
33. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_eb_ai/default/table?lang=en