



Misurare esposizione e complementarità dei lavoratori all'IA: metodi, strumenti e analisi

P45 – Studio e analisi

30/09/2026¹

Data Rilascio



Il presente prodotto è stato realizzato dall'INAPP in qualità di Organismo Intermedio del PN "Giovani, Donne e Lavoro" FSE+ 2021- 2027 (Piano INAPP 2023 – 2029 – Op. a titolarità n.2)

¹ Il prodotto è stato rilasciato con un mese di anticipo rispetto alla data inizialmente prevista. L'anticipazione è stata funzionale a rendere il documento disponibile come base conoscitiva e metodologica per le successive attività di studio e analisi.

Questo prodotto raccoglie i risultati di un'attività di ricerca/intervento curata dalla Struttura Lavoro e Professioni dell'INAPP (responsabile Davide Premutico)

E' stato realizzato dall'INAPP in qualità di Organismo Intermedio del Programma Nazionale "Giovani, Donne e Lavoro" FSE+ 2021- 2027. Piano Inapp 2023-2029 - Operazione a titolarità n. 2

Gruppo di ricerca:

per l'INAPP: Valentina Ferri, Giovanna Filosa, Salvatore Marsiglia, Giuliana Tesaro, Massimiliano Bonanni.

Testo a cura di: Valentina Ferri

Autori

Valentina Ferri

Testo chiuso il 30.9.2026

Introduzione

L'accelerazione dello sviluppo dell'Intelligenza Artificiale ha riaperto il dibattito su quali saranno gli effetti delle nuove tecnologie sul mercato del lavoro. La letteratura più recente ha mostrato come i sistemi di IA svolgano un numero crescente di attività cognitive, ampliando significativamente il campo delle professioni potenzialmente interessate dalla trasformazione tecnologica (Ferri et al. 2024, Felten et al., 2021; Eloundou et al., 2023; Pizzinelli et al., 2023). Contemporaneamente, una vasta letteratura relativa alla robotica mette in evidenza come l'automazione delle attività fisiche possa rappresentare un importante fattore di cambiamento dell'occupazione e dell'organizzazione del lavoro aprendo nuovi scenari (Acemoglu e Restrepo, 2020; Graetz e Michaels, 2018). Non è poi trascurabile il ruolo della routinarietà che agirebbe comprimendo e accelerando alcuni tasks che, nel caso di alcune professioni meno qualificate rappresentano una elevata porzione delle attività svolte quotidianamente dall'individuo.

Nonostante questi progressi, molti studi attuali tendono ad analizzare separatamente l'esposizione all'Intelligenza Artificiale e alla robotica. Tale distinzione riflette un'evoluzione storica della letteratura, che ha tradizionalmente associato la robotica all'automazione delle attività manuali e l'IA all'automazione delle attività cognitive. Tuttavia, le trasformazioni in atto nei sistemi produttivi mostrano una crescente integrazione tra queste tecnologie, anche tenendo conto del fatto che routinarietà e robotica non sono concetti sovrapponibili e l'Intelligenza Artificiale rappresenta un ulteriore avanzamento tecnologico. Di fatto, è utile osservare che molti processi produttivi combinano oggi sistemi robotici, automazione avanzata e Intelligenza Artificiale, rendendo sempre più difficile distinguere nettamente tra automazione fisica e automazione cognitiva, ciò fa emergere un'esigenza di studio degli effetti combinati.

Un secondo limite della letteratura riguarda la disponibilità di indicatori costruiti sul contesto italiano. La maggior parte delle misure di esposizione tecnologica deriva infatti da dati statunitensi, in particolare da O*NET, e viene successivamente adattata ad altri Paesi. Sebbene tali approcci abbiano contribuito in modo significativo alla comprensione del fenomeno, essi potrebbero non cogliere pienamente le specificità della struttura occupazionale e produttiva italiana.

Questo lavoro si propone di contribuire alla letteratura sotto due profili. In primo luogo, costruisce un indicatore italiano di esposizione alla robotica basato sui brevetti nazionali relativi a robot e cobot e sulle attività professionali descritte dall'Indagine sulle Professioni (ICP). In secondo luogo, integra tale misura con un indicatore di esposizione all'Intelligenza Artificiale corretto per la complementarità (CAIOEit) (Ferri et al. 2024 e Ferri et al. 2026), al fine di analizzare congiuntamente le dimensioni fisiche e cognitive dell'automazione.

L'obiettivo è individuare le professioni che, per effetto della contemporanea esposizione all'IA e alla robotica, potrebbero essere maggiormente interessate da processi di trasformazione dei contenuti del lavoro. Contestualmente si terrà sempre conto della routinarietà, caratteristica fondamentale in questa tipologia di analisi, fornendo evidenze utili alla progettazione di politiche pubbliche.

1. Analisi della letteratura - Brevetti, robotica ed esposizione occupazionale alle tecnologie e all'IA

Una parte crescente della letteratura relativa all'automazione ha utilizzato fonti informative come i brevetti al fine di misurare le capacità delle tecnologie emergenti e valutarne i possibili effetti sul mercato del lavoro. Diversamente dagli approcci basati sull'adozione osservata delle tecnologie, i brevetti permettono di analizzare il potenziale tecnico delle innovazioni, fornendo informazioni dettagliate sulle attività che macchine, software e sistemi intelligenti sono in grado di svolgere.

L'utilizzo dei brevetti nelle analisi relative all'esposizione delle professioni e dei tasks alle tecnologie presenta alcuni vantaggi. Anzitutto rende possibile osservare le capacità delle tecnologie rispetto alla professione intesa come insieme di tasks. Inoltre, è possibile, grazie a tale tipologia di misurazione, costruire indicatori replicabili e aggiornabili nel tempo, basati su informazioni codificate e pubblicamente disponibili. Tali dati rappresentano una manifestazione concreta dell'attività innovativa e riflettono i problemi produttivi che imprese e inventori stanno cercando di risolvere attraverso nuove soluzioni tecnologiche.

Tra i contributi più influenti in letteratura relativi all'uso di tale metodo troviamo lo studio di Webb (2020), che propone un approccio innovativo per misurare l'esposizione delle professioni all'automazione attraverso l'analisi del contenuto testuale dei brevetti. L'autore sviluppa un metodo per prevedere gli effetti delle tecnologie sulle professioni. Webb utilizza la sovrapposizione tra il testo che descrive le attività lavorative e il testo contenuto nei brevetti per costruire una misura dell'esposizione dei compiti all'automazione. Egli mostra che le professioni identificate come maggiormente esposte alle precedenti ondate di automazione hanno registrato una riduzione dell'occupazione e dei salari nei periodi successivi. Webb evidenzia che, a differenza del software e dei robot, l'IA si concentra prevalentemente su attività ad alta qualificazione.

Mentre la letteratura sulla robotica evidenzia effetti di sostituzione occupazionale in alcune professioni, gli studi sul machine learning suggeriscono che le nuove tecnologie tendano più frequentemente a modificare specifiche attività piuttosto che sostituire intere occupazioni (Brynjolfsson et al. 2018). Ciò rende particolarmente rilevante un approccio che consideri simultaneamente esposizione all'IA ed esposizione alla robotica, poiché le due dimensioni analizzate congiuntamente possono incidere su dimensioni differenti del lavoro e produrre effetti combinati non immediatamente osservabili attraverso l'analisi di un solo aspetto tecnologico.

Contemporaneamente, alcuni studi hanno isolato l'effetto dell'Intelligenza artificiale sulle professioni. Ferri et al. 2024 e 2026 hanno analizzato sulla base degli studi di Felten e di Pizzinelli il contesto italiano e l'esposizione all'IA.

Le definizioni di esposizione occupazionale all'IA si basano sulla misurazione della sovrapposizione tra le applicazioni di Intelligenza Artificiale e ciò che viene richiesto per lo svolgimento delle diverse professioni, come nel caso dell'indice AIOE (Felten et al., 2021; 2023) che prende in esame le abilities, oppure sulla valutazione della capacità dell'IA di accelerare significativamente l'esecuzione di specifiche attività lavorative (Pizzinelli et al., 2023; Eloundou et al., 2023; Hatzius, 2023). Pizzinelli et al. (2023) evidenziano poi come tali misure siano volutamente neutrali rispetto alla distinzione tra complementarità e sostituzione, riflettendo l'incertezza che ancora caratterizza le modalità con cui le innovazioni verranno adottate nei processi produttivi. Comprendere il modo in cui l'IA interagisce con le diverse professioni rimane tuttavia un tema rilevante sia per il mondo della ricerca sia per la definizione delle politiche pubbliche.

Albanesi et al. (2023) mostrano che le occupazioni europee maggiormente esposte all'Intelligenza Artificiale hanno registrato, in media, una crescita occupazionale più elevata nel periodo 2011-2019, soprattutto quando caratterizzate da una maggiore presenza di lavoratori qualificati e giovani. Evidenze successive (Guarascio et al, 2023) suggeriscono che l'interazione tra esposizione all'IA e diffusione delle tecnologie di

automazione possa generare effetti occupazionali meno favorevoli, evidenziando l'importanza di considerare congiuntamente IA e robotica nell'analisi delle trasformazioni del lavoro. Quando si considera l'effetto combinato di AI e densità di robot (soprattutto nei settori manifatturieri), l'impatto sull'occupazione diventa più eterogeneo. In regioni con alta densità di robot, l'effetto positivo dell'AI sull'occupazione si riduce o può diventare negativo.

Sembrerebbe emergere, pertanto, come gli effetti dei robot e dei cobot non possano essere analizzati separatamente da quelli dell'Intelligenza Artificiale. Molte delle nuove tecnologie combinano infatti capacità fisiche e capacità cognitive, rendendo sempre più sfumato il confine tra automazione meccanica e automazione intelligente. In questa prospettiva, la misurazione dell'esposizione occupazionale richiede strumenti metodologici che possano analizzare e misurare simultaneamente diverse dimensioni del cambiamento tecnologico al fine di individuare per tempo alcune delle problematiche di spiazzamento delle professioni.

Il presente lavoro si inserisce in questo filone di ricerca sviluppando un indicatore di esposizione alla robotica costruito a partire dai brevetti italiani relativi a robot e cobot. Seguendo la logica introdotta da Webb (2020), le capacità operative descritte nei brevetti vengono confrontate con le attività professionali dell'Indagine sulle Professioni (ICP) attraverso tecniche di similarità semantica basate su modelli linguistici avanzati. L'obiettivo è costruire una misura task-based della robotizzabilità delle professioni italiane e integrarla con gli indicatori di esposizione all'Intelligenza Artificiale, al fine di fornire una rappresentazione più completa delle trasformazioni tecnologiche in atto nel mercato del lavoro e delle dinamiche occupazionali ad esse connesse.

Il metodo di analisi che di seguito si adotta combina due indicatori che misurano dimensioni differenti della trasformazione tecnologica del lavoro. Il primo è il Robot Exposure IT, costruito in questo lavoro di ricerca al fine di stimare il potenziale di automazione fisica delle attività professionali attraverso sistemi robotici e cobot. L'altro è il CAIOEit (Ferri et al. 2024, 2026), che misura l'esposizione delle professioni all'Intelligenza Artificiale tenendo conto della possibile complementarità tra lavoratore e tecnologia.

2. Metodologia

In questo lavoro, il primo step è la costruzione del Robot Exposure it, un indicatore task-based di esposizione alla robotica delle professioni italiane. In tal senso, si adatta al contesto italiano l'approccio utilizzato da Webb (2020), con l'uso di brevetti robotici italiani analizzati rispetto alle attività presenti nell'indagine ICP attraverso modelli di embedding semantico. Successivamente, si combina l'indicatore di esposizione alla robotica con l'indicatore di esposizione all'IA corretto per la complementarità (CAIOEit), costruendo una tassonomia congiunta dei rischi e delle opportunità derivanti dalla combinazione delle due principali macro trasformazioni tecnologiche in atto.

I due indicatori catturano fenomeni distinti tuttavia il loro utilizzo congiunto consente di identificare le professioni maggiormente interessate dai processi di trasformazione tecnologica. Grazie all'uso combinato dei due, è possibile distinguere tra situazioni in cui l'IA e la robotica tendono a supportare il lavoro umano e situazioni in cui possono invece sostituire parte delle attività o, nei casi più estremi, l'intera professione.

Si propone, pertanto, un'analisi dei quattro quadranti che permette di evidenziare differenti configurazioni del rischio di sostituzione e delle opportunità di complementarità generate dall'adozione delle nuove tecnologie.

Tale classificazione permette di distinguere: (i) professioni a limitata esposizione tecnologica robotica e di IA; (ii) professioni prevalentemente esposte alla robotica e non all'IA; (iii) professioni maggiormente interessate dall'Intelligenza Artificiale; e (iv) professioni caratterizzate da una contemporanea elevata esposizione sia all'IA sia alla robotica.

2.1 Costruzione dell'indice di esposizione all'IA- CAIOEit

Nel paper Ferri, Porcelli, Fenoaltea (2024 e 2026) si utilizzano dati italiani per costruire l'indice di esposizione all'IA. In particolare, per caratterizzare le professioni in termini di abilità richieste facciamo riferimento all'edizione 2023 dell'Indagine sulle Professioni (ICP).

Circa le abilità associate all'Intelligenza Artificiale seguiamo l'approccio di Felten et al. e utilizziamo le stesse dieci applicazioni di IA impiegate nell'indagine Amazon Mechanical Turk (mTurk) Gig Workers Survey².

Sulla base di tali informazioni viene calcolato un indicatore di esposizione all'IA grazie all'utilizzo dell'Indagine Campionaria sulle Professioni. L'Indagine Campionaria sulle Professioni (ICP) è un'indagine realizzata da INAPP e inserita nel Programma Statistico Nazionale, finalizzata a rilevare le caratteristiche delle professioni presenti nel mercato del lavoro italiano. Basata sul modello teorico O*NET, raccoglie informazioni su conoscenze, competenze, attività lavorative, requisiti professionali e contesti di lavoro riferiti alle unità professionali della classificazione CP2021, attraverso interviste dirette ai lavoratori mediante tecnica CAPI.

Considerando le 52 abilità presenti nell'ICP, si assegna a ciascuna coppia abilità-professione un punteggio di livello e un punteggio di importanza. Seguendo Felten et al. (2021), definiamo quindi l'indicatore italiano di esposizione occupazionale all'Intelligenza Artificiale (AIOEit) come:

$$AIOEit_K = \frac{\sum_{j=1}^{52} A_j x L_{jk} x I_{jk}}{\sum_{j=1}^{52} L_{jk} x I_{jk}}$$

dove (k) identifica la professione, (A_j) rappresenta l'esposizione all'IA dell'abilità (j), mentre (L) e (I) indicano rispettivamente il livello e l'importanza dell'abilità all'interno della professione. Il denominatore svolge una funzione di normalizzazione, consentendo di ottenere una misura comparabile tra professioni.

L'indice AIOEit fornisce quindi una misura dell'esposizione potenziale delle professioni italiane all'Intelligenza Artificiale, tenendo conto sia delle capacità delle applicazioni di IA sia della rilevanza delle diverse abilità all'interno di ciascuna occupazione.

Al fine di distinguere le occupazioni nelle quali l'Intelligenza Artificiale tende a sostituire il lavoro umano da quelle in cui tende invece a svolgere un ruolo complementare, l'indice di esposizione all'IA (AIOE) è stato modificato per mezzo dell'introduzione di un fattore di complementarità, indicato

² Per quanto riguarda le abilità associate all'Intelligenza Artificiale, seguiamo l'approccio di Felten et al. e utilizziamo le stesse dieci applicazioni considerate nell'indagine Amazon Mechanical Turk (mTurk): giochi strategici astratti, videogiochi in tempo reale, riconoscimento delle immagini, risposta a domande su contenuti visivi, generazione di immagini, comprensione del testo, modellazione del linguaggio, traduzione automatica, riconoscimento vocale e riconoscimento di tracce strumentali.

con θ da Pizzinelli et al. 2023. Denominato CAIOE (Complementarity-Adjusted AI Occupational Exposure), tale indice attenua il livello di esposizione attribuito alle professioni caratterizzate da contesti lavorativi nei quali l'IA è più probabilmente utilizzata come supporto alle attività umane.

Il fattore θ è costruito utilizzando dati dell'Indagine sulle Professioni (ICP). In particolare, sono considerate sei dimensioni: comunicazione, responsabilità, condizioni fisiche e relazionali del lavoro, criticità delle decisioni, routinarietà delle attività e livello di istruzione richiesto dalla professione (RCFL).

L'indice CAIOE è quindi ottenuto correggendo l'AIOE in funzione del fattore θ , consentendo di distinguere tra esposizione all'IA e rischio di sostituzione tecnologica.

$$CAIOE_{it_i} = AIOE_{it_i} * (1 - (\theta_i - \theta_{MIN})) \quad (8)$$

2.2 Costruzione dell'indice di Robot Exposure

L'analisi sul dataset dell'Indagine sulle Competenze Professionali (ICP) consente di osservare in modo dettagliato il contenuto delle professioni italiane. Per ciascuna attività sono stati utilizzati la descrizione testuale dell'attività, nonché le misure di importanza e frequenza dell'attività all'interno della professione. Grazie a queste informazioni è stato possibile attribuire un peso differenziato ai compiti svolti dai lavoratori ed aggregare successivamente le misure a livello professionale. Complessivamente sono state considerate circa 9.250 attività professionali presenti nella Indagine Campionaria delle Professioni.

Al fine di rappresentare le capacità operative delle tecnologie robotiche sono stati utilizzati i brevetti italiani relativi a robot e cobot reperiti attraverso la banca dati Lens.org. Il dataset scaricato è costituito da circa 725 brevetti italiani, dai quali sono state estratte informazioni testuali relative ai compiti che i sistemi robotici sono progettati per svolgere³.

La scelta di limitare l'analisi ai brevetti depositati in Italia consente di cogliere le traiettorie tecnologiche maggiormente connesse alla struttura produttiva nazionale. Tuttavia, poiché le imprese possono adottare anche tecnologie sviluppate all'estero, l'indicatore potrebbe sottostimare alcune capacità tecnologiche disponibili sul mercato. Pertanto, i risultati devono essere interpretati come una misura dell'esposizione alle capacità robotiche emergenti nel contesto innovativo nazionale.

Per mezzo di procedure di text mining sono state identificate le coppie verbo-oggetto che descrivono le azioni realizzabili dai robot (ad esempio: "assemblare componente", "movimentare materiale", "manipolare dispositivo"). Tali task rappresentano il vocabolario operativo delle

³ Per identificare le tecnologie riconducibili alla robotica è stato costruito un corpus di circa 725 brevetti attraverso la piattaforma Lens, utilizzando una query basata su parole chiave rappresentative della robotica industriale e collaborativa. La stringa di ricerca comprendeva termini quali *robot*, *robotics*, *robotic*, *industrial robot*, *collaborative robot*, *cobot*, *robot arm*, *manipulator*, *robotic system*, *handling device* e *pick and place*. L'obiettivo non era quello di censire l'intero universo dei brevetti robotici, bensì di individuare un insieme sufficientemente rappresentativo delle principali applicazioni di automazione fisica e manipolazione automatizzata descritte nella letteratura tecnologica e brevettuale.

tecnologie robotiche brevettate in Italia e costituiscono la base informativa per la costruzione dell'indicatore di esposizione alla robotica.

Per il trattamento delle informazioni testuali sono state utilizzate tecniche di Natural Language Processing basate su modelli di embedding semantico. In particolare, è stato adottato il modello open-source Sentence-BERT (SBERT) nella versione sentence-transformers/paraphrase-MiniLM-L6-v2, che rappresenta un buon compromesso tra accuratezza degli embedding ed efficienza computazionale.

Dai titoli dei brevetti robotici italiani sono state estratte, mediante tecniche di dependency parsing, le coppie verbo-oggetto che descrivono le azioni potenzialmente svolte dai robot. Per ciascuna coppia è stata calcolata la frequenza di occorrenza nel corpus brevettuale, utilizzata successivamente per pesare i task robotici nella costruzione dell'indicatore.

Le descrizioni delle attività ICP e dei task robotici sono quindi diventate vettori numerici all'interno di uno spazio semantico multidimensionale. La distanza tra attività umane e attività che può svolgere il robot è stata quindi misurata attraverso la cosine similarity, ottenendo per ogni attività una misura continua di robotizzabilità.

Una volta ottenute le misure di similarità semantica, è stato costruito un indicatore di robotizzabilità a livello di attività. Le osservazioni prive di descrizione testuale, con peso nullo o contenenti informazioni non significative sono state escluse dall'analisi.

La similarità semantica tra attività ICP e task robotici è calcolata come segue:

$$S_{ar} = \cos(E_a, E_r) = \frac{E_a \cdot E_r}{||E_a|| \cdot ||E_r||}$$

dove E_a rappresenta l'embedding semantico associato alla descrizione testuale dell'attività ICP a , mentre E_r rappresenta l'embedding semantico del task robotico r estratto dai brevetti. Gli embedding sono ottenuti mediante Sentence-BERT, che trasforma ciascuna descrizione testuale in un vettore numerico capace di rappresentarne il significato semantico. La cosine similarity misura il grado di vicinanza semantica tra le due descrizioni testuali. Valori più elevati indicano una maggiore somiglianza tra l'attività svolta dal lavoratore e le capacità operative attribuite ai robot.

In altri termini, il modello non confronta singole parole ma l'intero contenuto semantico delle descrizioni delle attività professionali e dei compiti robotici.

$$Robot\ Score\ it_a = \sum_{r=1}^R \max(0, s_{ar} - \tau) \cdot w_r$$

dove $\tau = 0,35$ rappresenta la soglia minima di similarità. Tutte le similarità inferiori alla soglia vengono poste uguali a zero, mentre quelle superiori contribuiscono al punteggio finale.

Il Robot Score misura quanto un'attività professionale assomigli alle capacità operative descritte nei brevetti robotici italiani, attribuendo maggiore peso alle capacità robotiche più frequentemente

osservate e ignorando le associazioni semantiche troppo deboli. Il peso w_r è definito come la frequenza relativa del task robotico nel corpus dei brevetti:

$$w_r = \frac{freq_r}{\sum_{r=1}^R freq_r}$$

Un'attività, pertanto, risulta tanto più robotizzabile quanto più è semanticamente vicina ai task robotici descritti nei brevetti e quanto più tali task risultano frequenti nel corpus brevettuale.

L'indice di esposizione alla robotica a livello professionale è ottenuto come una media ponderata dei punteggi di robotizzabilità delle attività che compongono ciascuna professione. Il peso attribuito a ogni attività è il prodotto tra importanza e frequenza dell'attività stessa. In questo modo, le attività più rilevanti e più frequentemente svolte contribuiscono in maggior misura al valore finale dell'indicatore, replicando così l'approccio metodologico dell'AI exposure.

$$Robot Exposure it_k = \frac{\sum_{a=1}^n Robot_a * Importanza_a * Frequenza_a}{\sum_{a=1}^n Importanza_a * Frequenza_a}$$

dove:

$Robot_a$ è il punteggio di robotizzabilità dell'attività a , ottenuto dalla similarità semantica tra la descrizione dell'attività e i task robotici estratti dai brevetti;

$Importanza_a$ è il grado di importanza dell'attività nella professione;

$Frequenza_a$ è la frequenza con cui l'attività viene svolta;

k identifica la professione.

Gli indicatori di esposizione alla robotica e all'intelligenza artificiale corretta per la complementarità (CAIOEit) sono stati associati ai dati della Rilevazione Continua sulle Forze di Lavoro (RCFL) attraverso i codici professionali. Ad ogni occupato sono stati quindi attribuiti i valori dei due indicatori relativi alla professione svolta. Questo raccordo consente di analizzare la distribuzione e le dinamiche dell'occupazione in relazione all'esposizione potenziale alle due tecnologie.

3. Risultati

3.1 - Robot exposure it

Nel precedente paragrafo è stata illustrata la metodologia di costruzione degli indici, adesso si osserveranno tali indici rispetto a una serie di dati relativi all'occupazione. La similarità semantica tra ciascuna attività ICP e ciascun task robotico è stata misurata mediante cosine similarity. Il risultato è una matrice attività-task che rappresenta il grado di vicinanza semantica tra le attività svolte dai lavoratori e le capacità operative descritte nei brevetti robotici. È importante sottolineare che la similarità non viene calcolata tra singole parole, bensì tra le descrizioni complete delle attività professionali e dei task robotici. L'utilizzo degli embedding semantici consente infatti di cogliere

relazioni di significato anche in assenza di corrispondenze lessicali dirette, superando i limiti dei tradizionali approcci basati su parole chiave.

Il risultato finale è un indicatore continuo di esposizione alla robotica interpretabile come misura della potenziale sostituibilità fisica delle professioni da parte delle tecnologie robotiche. Nell'analisi dei risultati emerge che le attività maggiormente esposte alla robotica appartengono prevalentemente ai processi produttivi manifatturieri. La tabella mostra chiaramente che si tratta di compiti caratterizzati da standardizzazione operativa, ripetibilità e possibilità di codifica delle procedure, caratteristiche che ne favoriscono l'automazione grazie a robot industriali e sistemi robotici collaborativi.

Tra le attività più esposte si trovano operazioni quali tornitura, fresatura, colata, cablaggio, collaudo e brasatura. Questo costituisce una prima verifica di validità dell'indicatore, poiché tali compiti sono comunemente associati ai principali ambiti applicativi della robotica industriale.

Le attività caratterizzate con alto contenuto relazionale, politico, decisionale o di rappresentanza tendono a presentare livelli di robotizzabilità prossimi a zero, confermando che l'indicatore cattura prevalentemente capacità operative e manipolative riconducibili alla robotica industriale e collaborativa.

Tab. 1 – Robot exposure per attività elevata o bassa.

Robot Exposure bassa	Robot Exposure elevata
Votare normative	Eseguire la tornitura
Partecipare a dibattiti	Eseguire la fresatura
Mediare conflitti sociali	Effettuare la colata
Curare rapporti con i cittadini	Cablare apparati
Promuovere negoziati internazionali	Eseguire brasature
Gestire situazioni di crisi	Collaudare apparecchiature

La tabella successiva rappresenta i primi e gli ultimi posti della graduatoria dell'indice calcolato, pesato già per importanza e frequenza delle attività. Emerge immediatamente un primo aspetto: Nella prima colonna sono presenti le professioni del grande gruppo professionale 1 e 2 quello dei Legislatori Imprenditori e Dirigenti e quello delle Professioni Intellettuali, Scientifiche e ad elevata specializzazione. L'altra parte della tabella, invece, evidenzia che fanno parte del raggruppamento molto esposto alla robotica le professioni del grande gruppo 6, 7 e 8, che comprendono rispettivamente professioni qualificate nelle attività agricole, artigiani e operai specializzati e conduttori di impianti, macchinari e assemblatori.

Tab. 2 – Robot exposure it: professioni più o meno esposte

Professioni meno esposte alla robotizzazione			Professioni più esposte alla robotizzazione		
CP	Professione	Robot Exposure	CP	Occupation	Robot Exposure
21131	Matematici	0.000000	71212	Operatori di colata	0.0502
27111	Analisti e progettisti di software	0.000000	73110	Addetti agli impianti fissi in agricoltura e nell'allevamento	0.0365
21144	Meteorologi	0.000000	62412	Riparatori di apparecchi elettrici e di elettrodomestici	0.0336
22211	Architetti	0.000000		Assemblatori e cablatori di apparecchiature elettroniche e di telecomunicazioni	0.0330
12162	Imprenditori e amministratori di grandi aziende nei servizi editoriali e audiovisivi	0.000000	72730		
11210	Ambasciatori, ministri plenipotenziari e alti dirigenti della carriera diplomatica	0.000000	72720	Assemblatori e cablatori di apparecchiature elettriche	0.0319
27113	Analisti e progettisti di applicazioni web	0.000000	31721	Tecnici degli apparati audio-video e della ripresa video-cinematografica	0.0306
41140	Addetti alla gestione del personale	0.000000	62182	Stampatori e piegatori di lamiera	0.0294
26221	Ricercatori e tecnici laureati nelle scienze biologiche	0.000000	72670	Addetti a macchinari per la produzione in serie di calzature	0.0290
26121	Docenti universitari in scienze biologiche	0.000000	62120	Saldatori e tagliatori a fiamma	0.0285
25341	Storici	0.000000	62232	Aggiustatori meccanici	0.0282
25413	Redattori di testi per la pubblicità	0.000000	74510	Marinai di coperta	0.0281
11412	Dirigenti di sindacati e altre organizzazioni di rappresentanza	0.000000	81320	Personale non qualificato addetto all'imballaggio e al magazzino	0.0279
12163	Imprenditori e amministratori di grandi aziende nei servizi informatici e telecomunicazioni	0.000000	31613	Piloti navali	0.0278
25343	Specialisti in scienza politica	0.000000	63430	Zincografi, stereotipisti ed elettrotipisti	0.0270
34252	Osservatori sportivi	0.000003	61230	Carpentieri e falegnami edili	0.0269
21112	Astronomi ed astrofisici	0.000004	62440	Installatori e riparatori di apparati di telecomunicazione	0.0264
27211	Specialisti in reti e comunicazioni informatiche	0.000007	65423	Confezionatori di calzature	0.0264
31240	Tecnici gestori di basi di dati	0.000007	62131	Lattonieri e calderai	0.0259
11233	Direttori generali ed equiparati nella sanità	0.000011	62430	Riparatori di apparecchi radio televisivi	0.0253
			73244	Conduttori di macchinari per la produzione di oli di semi	0.0247

Note: la robot exposure pari a 0 non ha alcun ranking, le professioni sono situate nella stessa posizione.

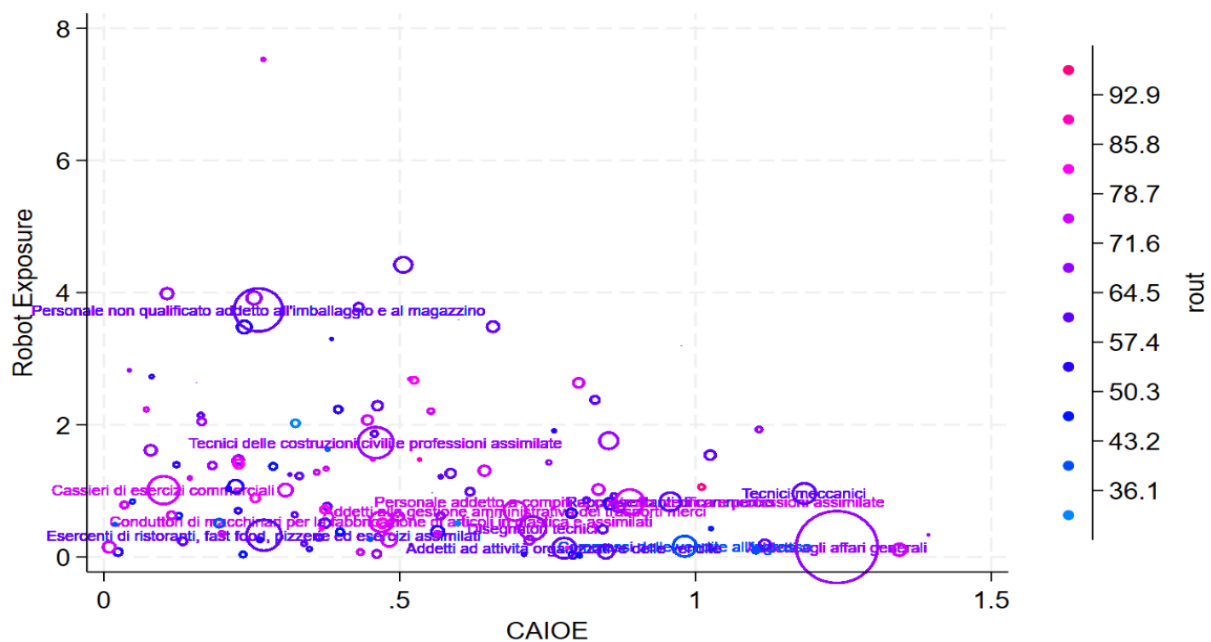
3.2 – Stime e risultati empirici Robot exposure e IA exposure sull'occupazione

Al fine di avere maggiori informazioni relative anche al volume di occupazione relativo alle professioni oggetto dell'analisi, gli indici relativi alla robotica e l'indice di esposizione all'IA viene applicato alla Rilevazione Continua delle forze di Lavoro. Di seguito si commenteranno i quattro quadranti del grafico: il primo è quello con alta esposizione ad entrambe le innovazioni.

Il quadrante in alto a destra rappresenta il nucleo delle professioni maggiormente coinvolte nei processi di trasformazione del lavoro indotti dalle nuove tecnologie. Come si può osservare, tale quadrante non risulta molto popolato e raccoglie le professioni caratterizzate da elevata esposizione sia alla robotizzazione sia all'Intelligenza Artificiale. In questo quadrante, una professione che è bene prendere in considerazione è

quella del Personale non qualificato addetto all'imballaggio e al magazzino. Si tratta di un caso emblematico che combina attività fisiche e logistiche tradizionalmente soggette ad automazione con una potenziale esposizione a sistemi intelligenti per la gestione dei flussi, il monitoraggio delle merci, la pianificazione delle operazioni e l'ottimizzazione delle attività di magazzino. In queste professioni la sostituzione del lavoro manuale attraverso macchinari e robot e l'integrazione di strumenti basati sull'Intelligenza Artificiale potrebbero modificare l'organizzazione e l'esecuzione delle attività. Figurano in questo raggruppamento anche gli Addetti agli affari generali e i Cassieri di esercizi commerciali, questi ultimi peraltro sono caratterizzati da una elevata routinarietà e maggiore esposizione all'IA.

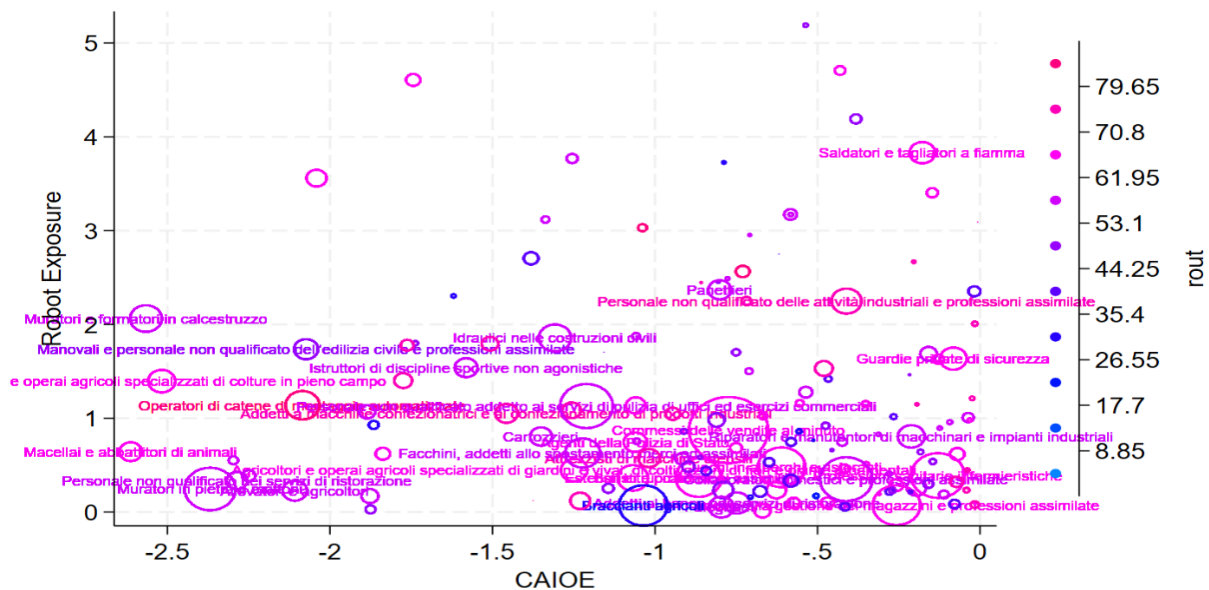
Fig. 1 - Quadrante in alto a destra: professioni con elevata esposizione alla robotizzazione ed elevata esposizione all'IA



Fonte: Elaborazioni e calcoli dell'autrice su RCFL 2024 (ISTAT) e indicatori ICP 2023 (INAPP).

Per quanto riguarda il quadrante in alto a sinistra, esso contiene professioni caratterizzate da elevata esposizione alla robotizzazione e scarsa esposizione all'IA. Si tratta prevalentemente di occupazioni manuali, operaie e a minore intensità cognitiva, nelle quali le attività risultano più facilmente standardizzabili e automatizzabili tramite tecnologie fisiche e sistemi robotici. In questo caso vediamo i Saldatori e tagliatori a fiamma, i Panettieri e le guardie preposte alla sicurezza.

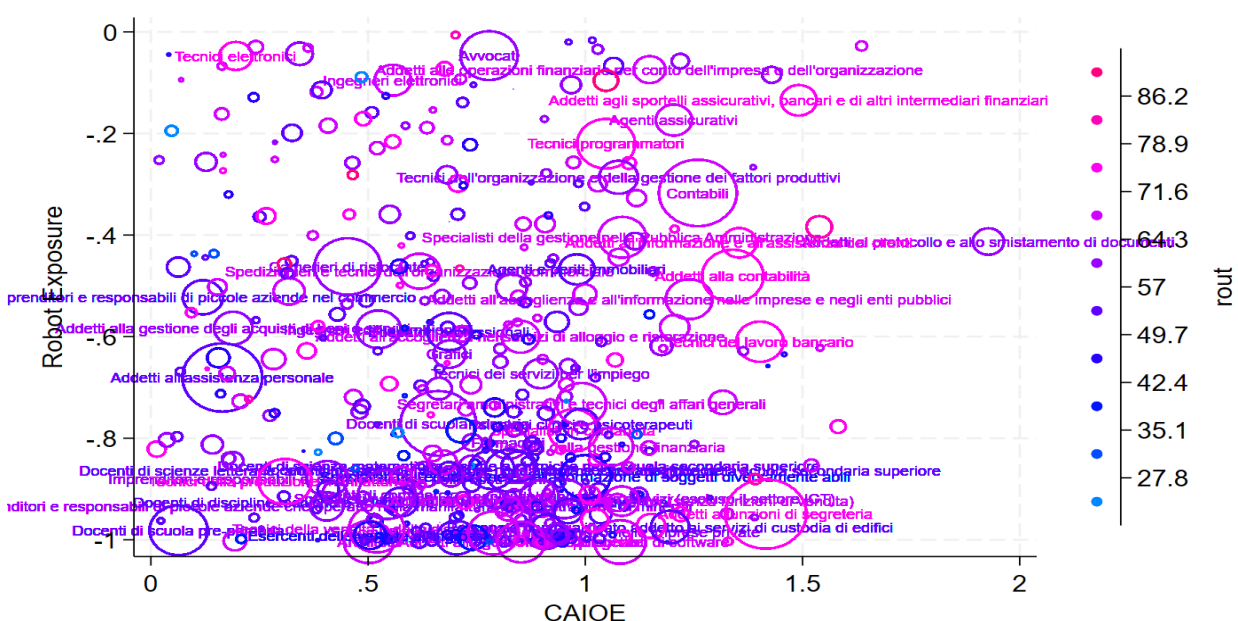
Fig. 2 - Quadrante in alto a sinistra: professioni con elevata esposizione alla robotizzazione e scarsa esposizione all'IA



Fonte: Elaborazioni e calcoli dell'autrice su RCFL 2024 (ISTAT) e indicatori ICP 2023 (INAPP).

Il quadrante in basso a destra raccoglie professioni caratterizzate da elevata esposizione all'IA corretta per la complementarità con l'Intelligenza Artificiale e limitata esposizione alla robotizzazione. Si tratta di occupazioni cognitive, amministrative, finanziarie, specialistiche e dell'istruzione, nelle quali l'IA può supportare fortemente e in alcuni casi accelerare le attività di elaborazione delle informazioni, analisi, produzione di contenuti e decisione. In questi casi la tecnologia tende ad assumere un ruolo che potrebbe andare dal rafforzamento delle capacità professionali fino alla sostituzione dell'individuo su alcuni tasks, contribuendo ad aumentare produttività, qualità del lavoro e capacità di gestione della complessità.

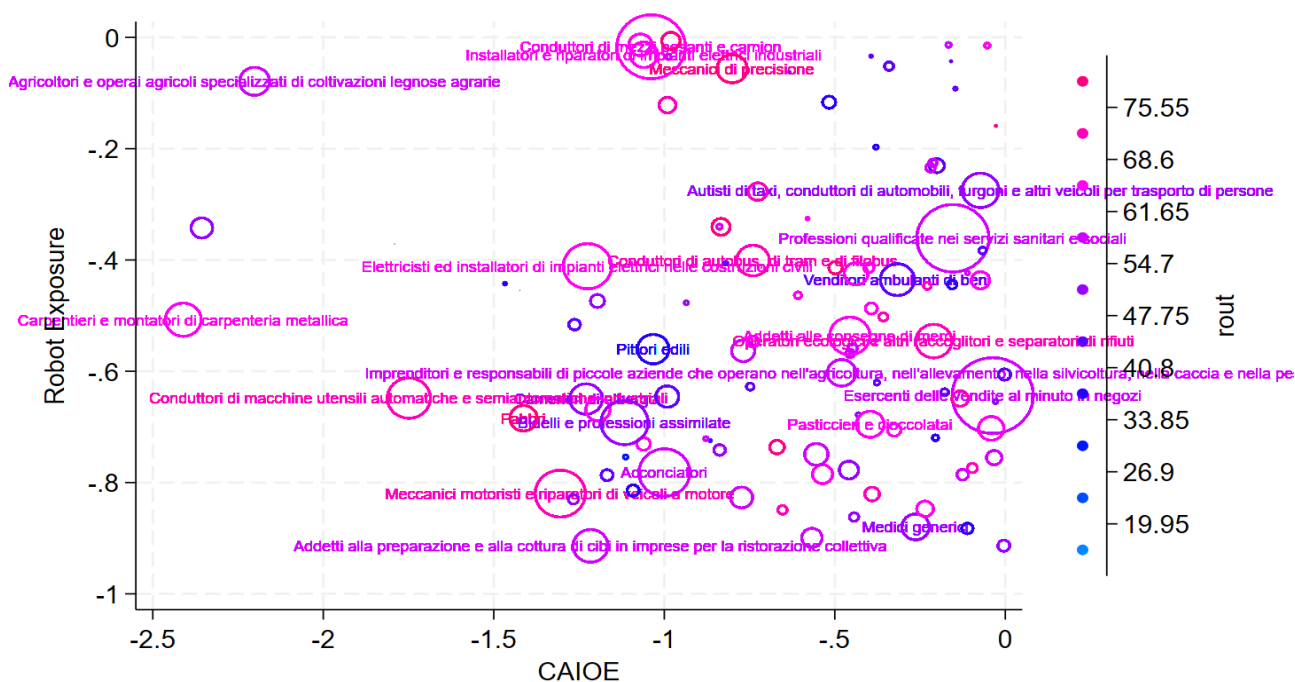
Fig. 3 - quadrante in basso a destra: professioni con bassa esposizione alla robotizzazione e alta esposizione all'IA



Fonte: Elaborazioni e calcoli dell'autrice su RCFL 2024 (ISTAT) e indicatori ICP 2023 (INAPP).

Il quadrante in basso a sinistra identifica professioni caratterizzate da una bassa esposizione alla robotica e basso valore dell'indice CAIOEit. Si tratta prevalentemente di occupazioni artigianali, tecniche e di servizio, nelle quali la componente manuale, l'interazione con il contesto e le competenze tacite continuano a rappresentare elementi difficilmente sostituibili dalle tecnologie emergenti. Queste professioni appaiono pertanto meno coinvolte, almeno nel breve periodo, dai processi di trasformazione indotti dall'IA e dalla robotica.

Fig. 4 - quadrante in basso a sinistra: professioni con scarsa esposizione alla robotizzazione e scarsa esposizione all'IA



Fonte: Elaborazioni e calcoli dell'autrice su RCFL 2024 (ISTAT) e indicatori ICP 2023 (INAPP).

Dall'analisi dei quattro quadranti emergono vari scenari. Il primo rappresentato è uno scenario di trasformazione tecnologica intensa nel caso di un'alta esposizione all'IA e alla robotica, come per il caso degli addetti all'imballaggio e ai magazzini. In questi casi l'adozione più sostenuta di tecnologie potrebbe andare a detrimento di un fabbisogno di personale che tuttavia dovrà sempre tener conto di una domanda crescente (amazon, etc). Nei settori dell'agricoltura e dell'edilizia si ravvisa un potenziale rischio di sostituzione dovuto in maggior misura alla robotica. Ci sono poi le professioni relativamente protette (artigiani, servizi alla persona, mestieri manuali) che si collocano nel riquadro più in basso a sinistra.

Il riquadro in basso a destra contiene molte situazioni eterogenee già evidenziate nei lavori precedenti che riguardano l'IA, si può tuttavia osservare che in molti casi si tratterà di professioni aumentate dall'IA.

Nei grafici il colore segnala la routinarietà, quest'ultima da sola non è sufficiente a identificare il rischio tecnologico. Nel quadrante in cui è più alta l'esposizione all'IA si osservano numerose professioni amministrative e finanziarie caratterizzate da attività relativamente routinarie. Tuttavia, in alcune di queste professioni l'IA potrebbe affiancare e potenziare specifiche attività. Il risultato suggerisce che attività simili

per grado di routinarietà possono essere interessate da traiettorie tecnologiche molto diverse a seconda del contenuto cognitivo e relazionale del lavoro.

Si osservano nelle tabelle di seguito riportate le caratteristiche relative all'occupazione in ognuno di questi quadranti: emerge con chiarezza che molti degli occupati si collocano nel quadrante di Alta esposizione all'IA e Bassa esposizione alla robotizzazione, questo schema si replica sia per gli occupati in generale, sia per le donne. E' nello stesso raggruppamento che si colloca la maggior parte dei laureati. La routinarietà media in questo raggruppamento voluminoso è abbastanza elevata.

Osserviamo invece, secondo le attese, che il 50% circa degli occupati stranieri si colloca nel quadrante in cui c'è una potenziale esposizione alla robotizzazione piuttosto che all'Intelligenza artificiale. Si pensi ai braccianti e ad altri lavori fisici e manuali in cui trovano collocazione la maggior parte degli immigrati.

Tab. 3 – Esposizione all'IA ed Esposizione alla robotica

Esposizione IA	Esposizione Robot	Occupati	occupati_donne	Occupati immigrati	Occupati laureati	Routinarietà media
Bassa	Bassa	4,096,848	1,285,620	450,103	337,319	56.716
Bassa	Alta	6,642,109	2,496,388	1,255,911	647,790	57.850
Alta	Bassa	9,878,019	5,085,554	562,023	4,667,191	58.760
Alta	Alta	3,315,287	1,299,956	245,533	2,845,522	64.450
Total		23,932,264	10,167,518	2,513,569	8,497,822	59.201
Esposizione IA	Esposizione Robot	Occupati (%)	occupati_donne (%)	Occupati immigrati (%)	Occupati laureati (%)	Routinarietà media
Bassa	Bassa	17.12	12.64	17.91	3.97	56.716
Bassa	Alta	27.75	24.55	49.97	7.62	57.850
Alta	Bassa	41.27	50.02	22.36	54.92	58.760
Alta	Alta	13.85	12.79	9.77	33.49	64.450
Total		100	100	100	100	59.201

Fonte: Elaborazioni e calcoli dell'autrice su RCFL 2024 (ISTAT) e indicatori ICP 2023 (INAPP).

3.3 - Dinamiche occupazionali tra il 2021 e il 2024

Il risultato più evidente relativo alla variazione percentuale degli occupati tra il 2021 e il 2024 (Tab. 4) è che le professioni caratterizzate da elevata esposizione all'IA e limitata esposizione alla robotica (Alta esposizione all'IA - Bassa esposizione robotica) sono quelle che hanno registrato la crescita occupazionale più sostenuta nel periodo 2021-2024 (+10%). Questo sembrerebbe molto coerente con l'idea che laddove non vi sia una potenziale esposizione alla meccanizzazione ma solo un'elevata esposizione all'IA, si sia registrato un aumento negli anni recenti. Nello specifico si tratterebbe di professioni cognitive, tecniche e specialistiche che hanno sperimentato dinamiche occupazionali di crescita negli ultimi decenni.

Il quadrante in cui invece l'esposizione risulta molto elevata sia in termini di Intelligenza Artificiale, sia in termini di robotizzazione non cresce e perde leggermente occupazione.

Questo suggerisce che quando si combina IA e forte esposizione alla robotizzazione, gli effetti occupazionali possono essere più ambigui. L'innovazione può in questo caso tradursi in aumento di produttività piuttosto che in aumento dell'occupazione. Il risultato appare inoltre coerente con le evidenze di Albanesi et al. (2023) e Guarascio et al. (2023), che mostrano come l'esposizione all'IA possa associarsi a dinamiche occupazionali

favorevoli, mentre gli effetti tendono a diventare meno positivi quando l'IA si combina con processi di automazione e robotizzazione.

Inoltre, osservando il calcolo della quota sul totale, nel 2021 gli occupati ad alta esposizione IA e bassa robotica rappresentavano il 39,8%; invece, nel 2024 il 41,3%: questo quadrante ha aumentato il proprio peso nell'occupazione italiana a discapito degli altri quadranti.

Sembrerebbe pertanto emergere dalle analisi fin qui presentate, che le professioni maggiormente interessate dalla trasformazione tecnologica non sarebbero necessariamente quelle più routinarie, ma quelle in cui l'esposizione simultanea a più tecnologie modifica profondamente l'organizzazione del lavoro.

La routinarietà, utilizzata tradizionalmente per identificare le occupazioni a rischio automazione, sembra spiegare solo parzialmente le recenti dinamiche del mercato del lavoro. Le maggiori differenze emergono invece dall'interazione tra complementarità con l'IA ed esposizione alla robotica.

Tab. 4 - variazioni % 2021- 2024 nei quadranti

Quadrante	2021	2024	Variazione %
Bassa Esposizione all'IA - Bassa Esposizione ai Robot	3.908.008	4.096.848	+4,83%
Bassa Esposizione all'IA - Alta Esposizione ai Robot	6.315.650	6.642.109	+5,17%
Alta Esposizione all'IA - Bassa Esposizione ai Robot	8.979.682	9.878.019	+10,00%
Alta Esposizione all'IA - Alta Esposizione ai Robot	3.347.889	3.315.287	-0,97%
Totale	22.551.229	23.932.264	+6,12%

Quadrante	2021 (%)	2024 (%)	Variazione quota (p.p.)
Bassa Esposizione all'IA - Bassa Esposizione ai Robot	17,33	17,12	-0,21
Bassa Esposizione all'IA - Alta Esposizione ai Robot	28,01	27,75	-0,26
Alta Esposizione all'IA - Bassa Esposizione ai Robot	39,82	41,27	+1,45
Alta Esposizione all'IA - Alta Esposizione ai Robot	14,85	13,85	-1,00
Totale	100,00	100,00	—

Fonte: Elaborazioni e calcoli dell'autrice su RCFL 2024 (ISTAT) e indicatori ICP 2023 (INAPP).

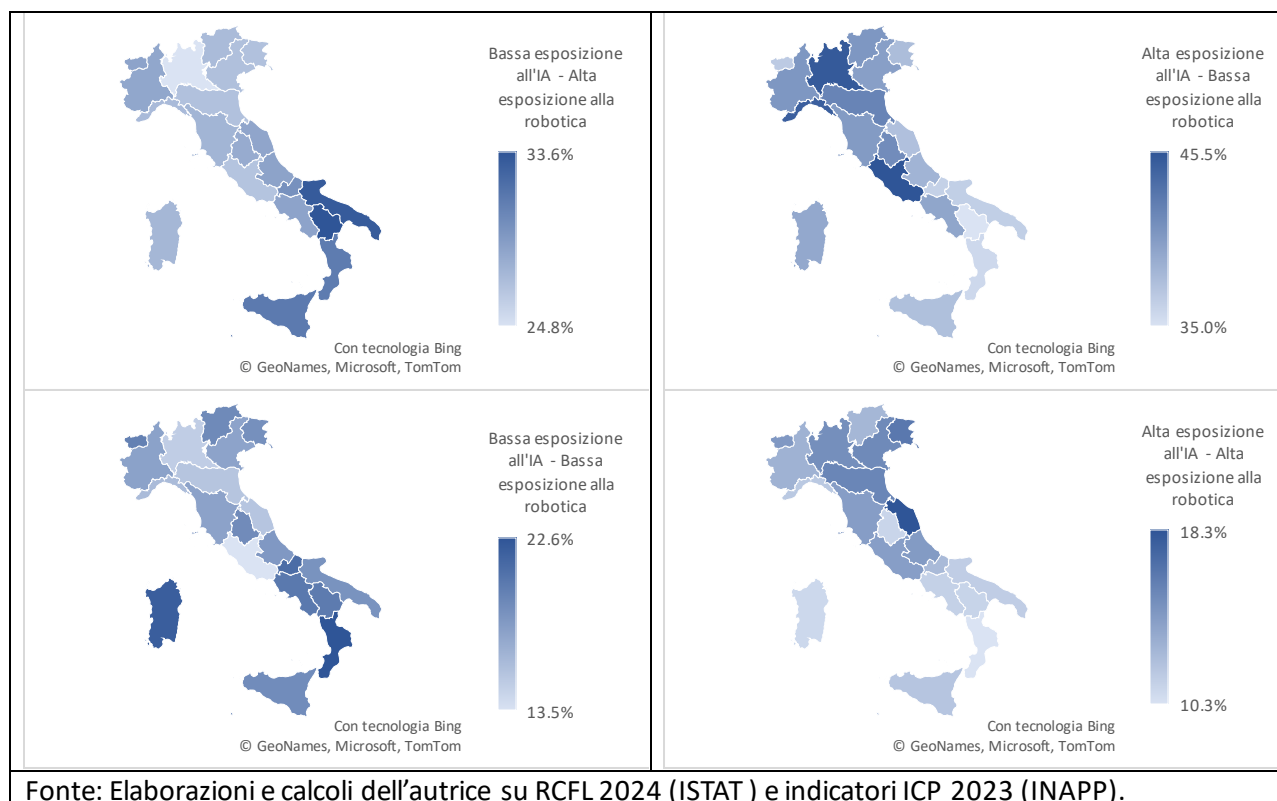
3.4 - Dinamiche territoriali e settoriali

L'analisi territoriale evidenzia differenze marcate nella distribuzione dell'occupazione nei quadranti tra le regioni italiane. In ogni regione il quadrante con maggiore occupazione è quello caratterizzato da alta esposizione all'IA e bassa esposizione alla robotica. Le incidenze più elevate si osservano nel Lazio (45,5%), in Lombardia (45,2%), in Liguria (44,8%) e in Emilia-Romagna (42,0%). Tali regioni risultano caratterizzate da una maggiore presenza di servizi avanzati, attività professionali, amministrative e settori ad alta intensità di conoscenza.

Diversamente, le regioni del Mezzogiorno mostrano una quota più elevata di occupati nel quadrante bassa esposizione all'IA e alta esposizione alla robotica, che raggiunge il 33,6% in Basilicata, il 33,2% in Puglia, il 31,3% in Sicilia e il 31,2% in Calabria. Tale evidenza sembrerebbe corrispondere a una maggiore presenza di attività manifatturiere tradizionali, agricole e professioni a minore contenuto cognitivo. In questi particolari settori la componente fisica e quindi robotica diventa molto rilevante.

Il comportamento del quadrante caratterizzato da alta esposizione sia all'IA sia alla robotica identifica le professioni caratterizzate dall'effetto combinato delle due tecnologie. Le quote più elevate si registrano nelle Marche (18,3%), nel Friuli Venezia Giulia (16,4%), in Emilia-Romagna (15,6%), Veneto (15,3%) e Lombardia (15,1%). Queste regioni sono specializzate nella manifattura avanzata e nei sistemi produttivi ad alta integrazione tecnologica, pertanto, si rileva una maggiore quota di occupati in professioni esposte a entrambe.

Fig. 5 – Percentuale di occupati nei quadranti per regione per esposizione all'IA e alla Robotica



L'analisi relativa all'occupazione nei diversi settori economici mostra profili di esposizione tecnologica molto differenti. I settori maggiormente orientati verso l'Intelligenza Artificiale sono le Attività finanziarie e assicurative e i Servizi di informazione e comunicazione, dove quasi nove occupati su dieci si collocano nel quadrante caratterizzato da alta esposizione all'IA e bassa esposizione alla robotica. Valori molto elevati si osservano anche nelle Attività immobiliari, professionali e di supporto alle imprese (62,7%) e nel comparto Istruzione, sanità e servizi sociali (61,0%).

L'Industria in senso stretto rappresenta il settore più trasversale: circa il 31% degli occupati si colloca nel quadrante ad alta esposizione all'IA e bassa esposizione alla robotica, mentre oltre il 22% appartiene al quadrante caratterizzato da elevata esposizione ad entrambe le tecnologie. Tale risultato testimonierebbe la compresenza delle due dimensioni di esposizione: automazione industriale, robotica avanzata e strumenti di Intelligenza Artificiale nei processi produttivi.

I settori dell'Agricoltura, delle Costruzioni e degli Alberghi e ristoranti mostrano la maggior parte degli occupati nel quadrante caratterizzato da bassa esposizione all'IA e alta esposizione alla robotica (rispettivamente 67,8%, 56,3% e 47,0%). La trasformazione tecnologica sembra essere ancora principalmente legata a processi di meccanizzazione e automazione fisica, piuttosto che a tecnologie intelligenti che combinino anche l'utilizzo di sistemi di IA.

Particolarmente interessante è infine il caso del Trasporto e magazzinaggio, dove il 40,2% degli occupati si colloca nel quadrante a bassa esposizione sia all'IA sia alla robotica, mentre circa il 30% appartiene al quadrante ad alta esposizione all'IA e bassa esposizione alla robotica. Coesistono nel settore professioni ancora poco interessate dalla trasformazione tecnologica e attività già fortemente coinvolte nei processi di digitalizzazione e gestione intelligente dei flussi logistici.

Tab. 5 – Distribuzione degli occupati per settore ATECO nei quadranti

ATECO	Low CAIOE - Low Robot	Low CAIOE - High Robot	High CAIOE - Low Robot	High CAIOE - High Robot
Agricoltura, silvicoltura e pesca	23,60	67,84	6,18	2,38
Industria in senso stretto	17,54	28,80	31,32	22,34
Costruzioni	21,05	56,25	15,70	7,01
Commercio	24,35	34,00	27,09	14,57
Alberghi e ristoranti	12,31	46,95	28,68	12,07
Trasporto e magazzinaggio	40,24	15,43	29,56	14,77
Servizi di informazione e comunicazione	0,44	1,87	88,58	9,12
Attività finanziarie e assicurative	0,02	0,25	89,70	10,03
Attività immobiliari, servizi alle imprese e attività professionali	5,28	19,42	62,69	12,62
Amministrazione pubblica e difesa	8,95	8,17	42,04	40,84
Istruzione, sanità e servizi sociali	19,92	14,32	60,98	4,79
Altri servizi collettivi e personali	15,83	35,23	41,56	7,39
Totale	17,12	27,75	41,27	13,85

Fonte: Elaborazioni e calcoli dell'autrice su RCFL 2024 (ISTAT) e indicatori ICP 2023 (INAPP).

Conclusioni

Il lavoro sviluppa una lettura congiunta dell'esposizione tecnologica delle professioni, combinando l'indicatore di esposizione all'Intelligenza Artificiale (CAIOEit) con una misura dell'esposizione alla robotica. L'assunto di partenza è che la pressione sostitutiva di una professione non dipenda esclusivamente dall'esposizione all'IA, ma anche dalla possibilità che le attività svolte possano essere eseguite da sistemi robotici. In questa prospettiva, il possibile spiazzamento dell'occupazione potrebbe derivare dall'interazione tra differenti tecnologie e non dall'effetto isolato di una singola innovazione. Le stesse potrebbero comportare una parziale o totale sostituzione dell'uomo nello svolgimento dei task che compongono una professione. Un maggior numero di task sostituibili da IA o robotica potrebbe quindi comportare un rischio per l'occupazione in linea con i recenti studi di letteratura sul tema (Autor, 2022).

L'indicatore di Robot Exposure proposto misura il potenziale tecnico di automazione delle attività sulla base delle capacità operative descritte nei brevetti robotici e delle attività tipicamente svolte all'interno di ciascuna professione. L'approccio presenta alcune differenze rispetto ai metodi che utilizzano informazioni provenienti da investimenti tecnologici o start up. Circa questi ultimi, si tratta di tecnologie che in un determinato momento attraggono risorse finanziarie e interesse del mercato; i brevetti, invece, consentono di osservare in modo più diretto le capacità tecniche effettivamente sviluppate e codificate nei processi di innovazione.

Nel caso italiano, i brevetti rappresentano una fonte informativa in grado di spiegare le traiettorie tecnologiche sviluppate nel contesto nazionale e consentono di costruire una misura coerente con le caratteristiche del tessuto produttivo del Paese. Pur tenendo conto che non vi è indicatore in grado di cogliere in modo esaustivo la complessità dei processi di innovazione e che la letteratura propone approcci alternativi basati su brevetti, attività lavorative o competenze, le analisi sviluppate in questo lavoro, ispirate alla letteratura task-based e in particolare all'approccio di Webb (2020) sulla robotica, integra brevetti italiani, dati dell'Indagine Campionaria sulle Professioni (ICP) e tecniche di embedding semantico per fornire una misura trasparente e replicabile. Lo studio proposto può rappresentare uno strumento utile per l'analisi delle trasformazioni del mercato del lavoro e per la costruzione di evidenze a supporto delle politiche pubbliche guidata dai dati dell'esposizione delle professioni alle tecnologie robotiche e di IA emergenti nel contesto italiano.

L'originalità del contributo risiede anzitutto nella costruzione di un indicatore italiano di esposizione alla robotica applicabile agli studi sull'occupazione. Un secondo elemento innovativo consiste nell'aver integrato l'esposizione potenziale all'IA con l'esposizione potenziale alla robotica, al fine di comprendere come l'interazione tra le due tecnologie possa influenzare le dinamiche occupazionali.

I risultati mostrano che una quota rilevante dell'occupazione italiana si concentra nel quadrante caratterizzato da elevata esposizione all'IA e limitata esposizione alla robotica. Lo stesso schema emerge per l'occupazione femminile. Al contrario, i lavoratori immigrati risultano maggiormente concentrati nei quadranti ad elevata esposizione alla robotica e limitata esposizione all'IA, suggerendo che la componente di automazione fisica continui a interessare una parte rilevante delle occupazioni svolte dalla manodopera straniera.

Particolarmente interessante è l'analisi delle dinamiche occupazionali. Tra il 2021 e il 2024 le professioni caratterizzate da elevata esposizione all'IA e limitata esposizione alla robotica hanno registrato la crescita occupazionale più sostenuta (+10%). Al contrario, il quadrante che combina elevata esposizione sia all'IA sia alla robotica è l'unico a mostrare una lieve contrazione occupazionale (-1%). Tali evidenze non consentono di formulare inferenze causali, tuttavia, suggeriscono che l'interazione tra diverse tecnologie potrebbero produrre effetti eterogenei sulla domanda di lavoro e che la combinazione tra IA e robotica potrebbe associarsi a dinamiche occupazionali meno favorevoli rispetto ai casi in cui prevalgono fenomeni diversi. Certamente un'attenzione per le professioni più esposte alle tecnologie va poi a integrare queste riflessioni, alcuni studi mostrano infatti che per professioni di settori molto esposti all'IA, si evidenzia una riduzione delle attivazioni di contratti e degli stock di occupazione (Battistoni, Ferri, 2025).

L'analisi territoriale e settoriale arricchisce le informazioni. Si evidenzia un chiaro gradiente geografico: le regioni del Centro-Nord presentano una maggiore concentrazione di occupazione nei quadranti ad elevata esposizione all'IA, mentre nelle regioni meridionali risultano relativamente più diffuse le professioni caratterizzate da minore intensità cognitiva e maggiore esposizione alla robotica. La trasformazione tecnologica del lavoro mostra quindi disomogeneità sul territorio nazionale, ma tende a seguire le differenti specializzazioni produttive e professionali che caratterizzano le diverse aree del Paese.

Nel complesso, i risultati sembrano coerenti con le evidenze emerse nella letteratura più recente (Autor, 2022; Guarascio et al., 2024), secondo cui gli effetti dell'Intelligenza Artificiale sul lavoro dipendono dal contesto produttivo, dalla complementarità con il lavoro umano e dall'interazione con altre tecnologie, tra cui la robotica. Le evidenze confermano che l'esposizione alle nuove tecnologie non interessa in modo uniforme il mercato del lavoro, ma tende a concentrarsi in segmenti professionali caratterizzati da diverse caratteristiche socio-demografiche, d'istruzione e differenti specializzazioni produttive. Ciò suggerisce, ai fini di un'attenta valutazione delle politiche pubbliche legate al rafforzamento dell'occupazione e del capitale umano, l'opportunità di affiancare alle tradizionali misure di esposizione tecnologica una lettura più articolata, capace di considerare simultaneamente il ruolo dell'Intelligenza Artificiale, della robotica e delle caratteristiche della forza lavoro.

Bibliografia

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2020). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. *Journal of political economy*, 128(6), 2188-2244.

Albanesi, S., Da Silva, A. D., Jimeno, J. F., Lamo, A., & Wabitsch, A. (2023). Reports of AI ending human labour may be greatly exaggerated. European Central Bank, Occasional Paper.

Autor, D. (2022). The labor market impacts of technological change: From unbridled enthusiasm to qualified optimism to vast uncertainty (No. w30074). National Bureau of Economic Research.

Battistoni, A., Ferri, V. (2025). Banche, finanza e assicurazioni: sfide per i lavoratori e per le politiche pubbliche nell'era dell'Intelligenza artificiale, *Sinapsi*, XV, n.2, pp.171-191

Brynjolfsson, E., Mitchell, T., & Rock, D. (2018, May). What can machines learn and what does it mean for occupations and the economy?. In *AEA papers and proceedings* (Vol. 108, pp. 43-47). 2014 Broadway, Suite 305, Nashville, TN 37203: American Economic Association.

Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P., & Rock, D. (2023). GPTs are GPTs: An early look at the labor market impact potential of large language models. *arXiv:2303.10130*.

Felten, E. W., Raj, M., & Seamans, R. (2018). A method to link advances in artificial intelligence to occupational abilities. *AEA Papers and Proceedings*, 108, 54–57.

Felten, E. W., Raj, M., & Seamans, R. (2019). The occupational impact of artificial intelligence: Labor, skills, and polarization. *NYU Stern Working Paper*.

Felten, E. W., Raj, M., & Seamans, R. (2021). Occupational, industry, and geographic exposure to artificial intelligence. *Strategic Management Journal*, 42(12), 2195–2217.

Felten, E. W., Raj, M., & Seamans, R. (2023). How will language modelers like ChatGPT affect occupations and industries? *arXiv:2303.01157*.

Fenoaltea, E. M., Mazzilli, D., Patelli, A., Sbardella, A., Tacchella, A., Zaccaria, A., ... & Pietronero, L. (2024). Follow the money: a startup-based measure of AI exposure across occupations, industries and regions. *arXiv preprint arXiv:2412.04924*.

Ferri, V., Porcelli, R., & Fenoaltea, E. M. (2024). Lavoro e Intelligenza artificiale in Italia: tra opportunità e rischio di sostituzione. *Roma, Inapp, WP*, 125.

Ferri, V., Porcelli, R., & Fenoaltea, E. M. (2026). Work and artificial intelligence in Italy: between opportunities and risks. *International Journal of Manpower*, 47(5), 792-831.

Graetz, G., & Michaels, G. (2015). Robots at work: the impact on productivity and jobs (No. 447). Centre for Economic Performance, LSE.

Guarascio, D., Reljic, J., & Stöllinger, R. (2023). Artificial intelligence and employment: A look into the crystal ball. *GLO Discussion Paper No. 1333*.

Hatzius, J. (2023). The potentially large effects of artificial intelligence on economic growth. Goldman Sachs Global Economics Paper No. 114.

OECD (2023), *OECD Employment Outlook 2023: Artificial Intelligence and the Labour Market*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/08785bba-en>.

Pizzinelli, C., Panton, A. J., Mendes Tavares, M., Cazzaniga, M., & Li, L. (2023). Labor market exposure to AI: Cross-country differences and distributional implications. IMF Working Paper No. 23/216.

Webb, M. (2019). The impact of artificial intelligence on the labor market. Available at SSRN 3482150.

Dichiaro di aver utilizzato l'intelligenza artificiale come supporto alla revisione linguistica e stilistica del testo. Tutti i passaggi elaborati con tale supporto sono stati da me verificati e rivisti. I contenuti scientifici sono interamente attribuibili all'autrice, che assume la piena responsabilità del testo.