

# Gli effetti su produttività e occupazione degli incentivi alla R&S nei progetti con potenziale di automazione e digitalizzazione

Marco Mariani  
IRPET

*Lavoro condiviso con Giuseppe Caruso, Natalia Faraoni, Fiammetta Menchetti, e  
Alessandra Mattei*

Aosta, 20 marzo 2025

Valutare per produrre conoscenza.

L'esperienza del progetto CAPIRe e uno sguardo all'esterno

# Introduzione: La trasformazione digitale

## Un cambiamento di paradigma nell'industria

- Le tecnologie digitali hanno determinato trasformazioni senza precedenti nelle imprese e nei territori
- Ridefinizione dei modelli di business e delle catene del valore, con profondi impatti economici e sociali
- Caratteristiche chiave:
  - Elevata interconnessione tra macchine, oggetti e sistemi
  - Emergenza di nuovi paradigmi produttivi innovativi (es. Industria 4.0)
- La servitizzazione integra i servizi nei prodotti:
  - Esempi: monitoraggio delle prestazioni, manutenzione remota, modelli pay-per-use
  - Permette la personalizzazione, fattore chiave per la competitività globale

# Introduzione: Automazione, lavoro e sfide di policy

## L'impatto dell'automazione e della digitalizzazione sul mercato del lavoro

- L'automazione migliora la produttività ma solleva preoccupazioni sulla perdita di posti di lavoro
- Paure storiche (es. i Luddisti) riemergono con l'Industria 4.0:
  - Studi negli USA: impatti negativi sull'occupazione industriale e sui salari
  - Studi in Germania: effetti misti, con creazione di posti di lavoro nei servizi
- Le tecnologie digitali polarizzano il mercato del lavoro:
  - I lavoratori altamente qualificati ne beneficiano maggiormente
  - I lavoratori meno qualificati sono più a rischio di esclusione

## Implicazioni di policy

- Fondamentale supportare il potenziamento delle competenze digitali e la riqualificazione della forza lavoro
- Incentivi mirati per le imprese affinché adottino e integrino le tecnologie digitali

# Programma

**Programma di politica pubblica:** Programma Operativo Regionale (POR)  
FESR 2014-2020

**Allocazione finanziaria:** €779 milioni:

- 50% Unione Europea
- 35% Italia
- 15% Toscana

**Obiettivo:** Promuovere una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva

**Assi prioritari:**

- 1 Rafforzare la ricerca, lo sviluppo tecnologico e l'innovazione
- 2 Migliorare l'accesso alle ICT
- 3 Promuovere la competitività delle PMI
- 4 Supportare la transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio
- 5 Valorizzare le reti culturali e museali
- 6 Promuovere l'inclusione sociale e contrastare le discriminazioni

# Programma e Dataset

## Principali bandi:

- **Linea 1:** Progetti strategici (Grandi imprese + PMI/Organismi di ricerca)
- **Linea 2:** Progetti per PMI (minimo 3 PMI con/senza Organismi di ricerca)

## Eligibilità delle imprese:

- Prog. individuali: imprese con fatturato non decrescente nel triennio precedente (I. DINAMICHE)
- In partnership: maggioranza della partnership con fatturato non decrescente nel triennio precedente

## Caratteristiche principali:

- Selezione in due fasi: proposta concettuale → progetto esecutivo
- Priorità tecnologiche:
  - ICT e Fotonica (40%)
  - Smart Factory (40%)
  - Chimica e Nanotecnologie (20%)

## Partecipanti:

- Totale progetti: 761 (421 selezionati)
- Totale partecipanti: 2.561 (imprese: 2.044)
- Imprese manifatturiere: 47% dei partecipanti selezionati

# Risultati della classificazione dei progetti nel 2014

## Automazione vs. Digitalizzazione

- Totale progetti analizzati: 221 (170 approvati).

| Categoria          | Totale | Approvati | Non approvati |
|--------------------|--------|-----------|---------------|
| Automazione        | 51     | 38        | 13            |
| Digitalizzazione   | 131    | 101       | 30            |
| Indeterminato      | 24     | 20        | 4             |
| Non classificabile | 15     | 11        | 4             |

## Innovazione di processo vs. innovazione di prodotto

| Categoria               | Totale | Approvati | Non approvati |
|-------------------------|--------|-----------|---------------|
| Innovazione di processo | 40     | 30        | 10            |
| Innovazione di prodotto | 159    | 121       | 38            |
| Indeterminato           | 20     | 18        | 2             |
| Non classificabile      | 2      | 1         | 1             |

# Struttura combinata della classificazione

## Integrazione delle categorie

|                           | Innovazione di processo | Innovazione di prodotto | Non classificabile | Indeterminato | Totale |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|---------------|--------|
| <b>Automazione</b>        | 6                       | 61                      | 0                  | 4             | 71     |
| <b>Digitalizzazione</b>   | 64                      | 178                     | 1                  | 44            | 287    |
| <b>Non classificabile</b> | 1                       | 11                      | 0                  | 0             | 12     |
| <b>Indeterminato</b>      | 11                      | 32                      | 0                  | 8             | 51     |
| <b>Totale</b>             | 82                      | 282                     | 1                  | 56            | 421    |

## Principali osservazioni

- Predominanza degli investimenti nella digitalizzazione (287 progetti approvati, di cui 178 mirati all'innovazione di prodotto)
- Spostamento strategico verso l'adozione di strumenti digitali per migliorare lo sviluppo del prodotto e le decisioni aziendali
- Crescente complessità nelle strategie aziendali che evidenzia l'integrazione di più obiettivi

# Struttura combinata della classificazione nel 2014

## Integrazione delle categorie

|                    | Innovazione di processo | Innovazione di prodotto | Non classificabile | Indeterminato | Totale     |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|---------------|------------|
| Automazione        | 2                       | 33                      | 0                  | 3             | 38         |
| Digitalizzazione   | 23                      | 64                      | 1                  | 13            | 101        |
| Non classificabile | 1                       | 10                      | 0                  | 0             | 11         |
| Indeterminato      | 4                       | 14                      | 0                  | 2             | 20         |
| <b>Totale</b>      | <b>30</b>               | <b>121</b>              | <b>1</b>           | <b>18</b>     | <b>170</b> |



# Variabili risultato di interesse

## Principali variabili risultato: Produttività e Occupazione

- **Produttività: Valore aggiunto**

- *Fonte:* Bilanci AIDA
- *Definizione:* Differenza tra valore della produzione e costi di input esterni nel periodo 2014–2022

- **Occupazione: Composizione della forza lavoro**

- *Fonte:* Sistema informativo lavoro (Serv. impiego)
- *Totale dipendenti*
- *Posizioni ad alta qualifica*
- *Operatori di macchine/veicoli*
- *Posizioni di lavoro non qualificate*

# Obiettivo della Ricerca e Dataset

- Lo studio valuta l'effetto causale dei programmi di ricerca e sviluppo lanciati dalla Toscana nel 2014.
- Il dataset include **57.989 aziende** osservate per **10 anni** (2012-2021).
- L'anno di trattamento è **2014** e sono analizzate sei variabili di risultato relative a produttività e occupazione:
  - 1 Valore aggiunto per dipendente
  - 2 Numero totale di dipendenti
  - 3 Numero di posizioni lavorative altamente qualificate
  - 4 Numero di lavoratori specializzati
  - 5 Numero di operatori di impianti, macchinari e veicoli
  - 6 Numero di dipendenti non qualificati

# Disegno metodologico

## Regression Discontinuity Design di tipo Fuzzy

- non tutte le imprese dinamiche partecipano al bando e
- imprese non dinamiche hanno la possibilità di partecipare al bando consorziandosi con altre imprese
- lo status di eleggibilità non coincide con lo status di beneficiaria di un'impresa
- Regression Discontinuity (RD) di tipo fuzzy con la variazione di fatturato come forcing variable

Un filone recente della letteratura: disegno RD non è più visto come disegno finalizzato alla stima di effetto alla soglia, ma è formalizzato come uno studio localmente randomizzato, almeno condizionatamente a delle variabili pretrattamento, per una sottopopolazione di unità con valori della variabile di assegnazione intorno al valore soglia.

# Approccio della Stratificazione Principale

**Definizione degli strati principali** La partecipazione al bando e la ricezione del beneficio possono essere viste come due variabili posttrattamento che possono essere influenzate dallo status di impresa dinamica o non dinamica.

- L'analisi utilizza la **Stratificazione Principale** (Frangakis e Rubin, 2002) per tenere conto della partecipazione al programma e della ricezione dei benefici.
- Le aziende sono classificate in strati principali in base ai valori congiunti di quattro esiti potenziali:

$$P_i(0), P_i(1), A_i(0), A_i(1).$$

- Le aziende nello stesso strato condividono valori identici degli esiti potenziali  $P_i(0), P_i(1), A_i(0), A_i(1)$
- **Assunzione principale:**
  - Monotonicità: assenza di strati di "defiers"

## Stratificazione semplificata:

- Rimangono sei strati principali sotto l'assunzione di monotonicità.
- Gli effetti vengono valutati per sottogruppi con relazioni causali tra status, partecipazione e benefici.

# Stratificazione Principale delle Imprese

| $P_i(0)$ | $P_i(1)$ | $A_i(0)$ | $A_i(1)$ | Etichetta                               | Descrizione                                        |
|----------|----------|----------|----------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0        | 0        | 0        | 0        | $\overline{PPAA}$                       | Mai partecipante e mai beneficiaria                |
| 0        | 1        | 0        | 0        | $\overline{PPAA}$                       | Partecipante se dinamica, mai beneficiaria         |
| 0        | 1        | 0        | 1        | $\overline{P\overline{P}AA}$            | Partecipante e beneficiaria solo se dinamica       |
| 1        | 1        | 0        | 0        | $PP\overline{AA}$                       | Sempre partecipante e mai beneficiaria             |
| 1        | 1        | 0        | 1        | $PP\overline{AA}$                       | Sempre partecipante e beneficiaria se dinamica     |
| 1        | 1        | 1        | 1        | $PPAA$                                  | Sempre partecipante e sempre beneficiaria          |
| 1        | 1        | 1        | 0        | $PPA\overline{A}$                       | Sempre partecipante e beneficiaria se non dinamica |
| 1        | 0        | 0        | 0        | $\overline{P\overline{P}AA}$            | Partecipante se non dinamica e mai beneficiaria    |
| 1        | 0        | 1        | 0        | $\overline{P\overline{P}A\overline{A}}$ | Partecipante e beneficiaria se non dinamica        |

- $PPA\overline{A}$ ,  $\overline{PPAA}$  e  $\overline{P\overline{P}AA}$  non esistono sotto ipotesi di monotonicità
- $\overline{PPAA}$ ,  $PP\overline{AA}$ , e  $PPAA$  lo status di impresa dinamica versus non dinamica non ha alcun effetto né sulla partecipazione al bando né sulla ricezione del beneficio. Per imprese che appartengono a tali strati si assume un vincolo di esclusione che richiede che lo status di impresa dinamica versus non dinamica non ha alcun effetto nemmeno sulle variabili di risultato

# Stratificazione Principale delle Imprese

Che cosa resta?

| $P_i(0)$ | $P_i(1)$ | $A_i(0)$ | $A_i(1)$ | Etichetta                      | Descrizione                                    |
|----------|----------|----------|----------|--------------------------------|------------------------------------------------|
| 0        | 1        | 0        | 0        | $\bar{P}\bar{P}\bar{A}\bar{A}$ | Partecipante se dinamica, mai beneficiaria     |
| 0        | 1        | 0        | 1        | $\bar{P}\bar{P}\bar{A}A$       | Partecipante e beneficiaria solo se dinamica   |
| 1        | 1        | 0        | 1        | $PP\bar{A}A$                   | Sempre partecipante e beneficiaria se dinamica |

- $PP\bar{A}A$  – varia solo il beneficio; qui possiamo avere un effetto di puro sussidio.
- $\bar{P}\bar{P}\bar{A}\bar{A}$  – varia solo la partecipazione; qui possiamo avere un effetto di pura partecipazione.
- $\bar{P}\bar{P}\bar{A}A$  – variano sia partecipazione che beneficio; qui possiamo avere un effetto congiunto di partecipazione e beneficio.

È possibile stimare l'effetto entro ciascun strato. Tuttavia, ci si focalizza sugli effetti principali per le imprese appartenenti all'unione dei tre strati principali in cui lo status di impresa dinamica ha un effetto sulla partecipazione o sulla ricezione del beneficio:  $\bar{P}\bar{P}\bar{A}\bar{A}$ ,  $\bar{P}\bar{P}\bar{A}A$  e  $PP\bar{A}A$ .

# Eterogeneità degli effetti

Vogliamo comprendere se l'effetto varia in funzione che il progetto sia di automazione o digitalizzazione, di processo o di prodotto

- poichè solo per imprese partecipanti è disponibile il progetto e la sua classificazione,
- l'analisi di eterogeneità viene effettuata rispetto agli effetti per imprese dinamiche appartenenti a uno dei tre strati principali in cui l'eleggibilità ha un effetto sulla partecipazione o sulla ricezione del beneficio
- negli strati  $\bar{P}\bar{P}\bar{A}\bar{A}$ ,  $\bar{P}P\bar{A}\bar{A}$  e  $PP\bar{A}\bar{A}$  essere impresa dinamica significa per definizione presentare un progetto che può essere da noi classificato

# Stratificazione Principale delle Imprese

- Viene utilizzato un approccio **Bayesiano** per per l'inferenza statistica
- Il dataset finale include **1.976 aziende** (780 elegibili, 1.196 non elegibili).
- **40-70%** delle aziende appartiene agli strati principali  $\bar{P}\bar{P}\bar{A}\bar{A}$ ,  $\bar{P}\bar{P}\bar{A}A$  e  $PP\bar{A}A$
- il restante 30-60% delle aziende appartiene a strati per cui vale il vincolo di esclusione (lo status di impresa dinamica versus non dinamica non ha alcun effetto sulle variabili di risultato)

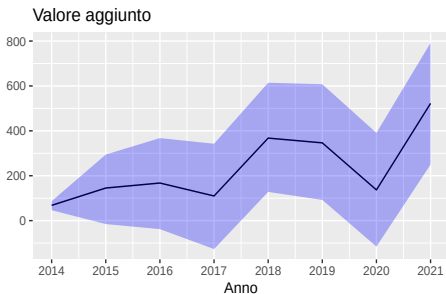


# Valore Aggiunto

## Effetti causali sul valore aggiunto:

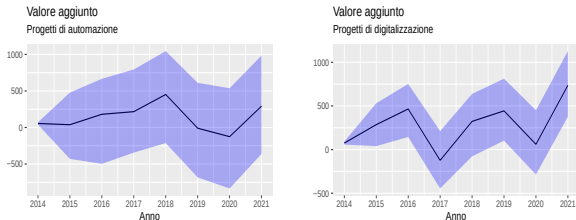
- Gli effetti sono espressi in migliaia di euro
- La media posteriore dell'effetto causale è positiva in tutti gli anni
- La probabilità di effetti positivi supera l'80% annualmente, nonostante gli intervalli di credibilità al 95% includano lo zero in alcuni anni

**Figura:** Effetto causale sul valore aggiunto per l'unione degli strati  $\bar{P}\bar{P}\bar{A}\bar{A}$ ,  $\bar{P}\bar{P}\bar{A}\bar{A}$ , e  $PP\bar{A}\bar{A}$



# Valore Aggiunto 2

**Figura:** Effetto causale sul valore aggiunto per le aziende dinamiche nell'unione degli strati  $\bar{P}\bar{P}\bar{A}\bar{A}$ ,  $\bar{P}\bar{P}\bar{A}\bar{A}$ , e  $PP\bar{A}\bar{A}$ : Progetti di Automazione vs. Digitalizzazione



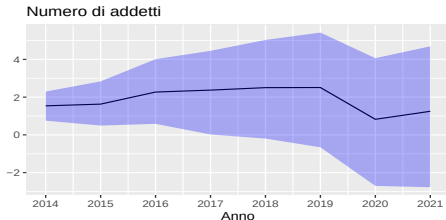
- Effetti non significativi per progetti di automazione condotti da imprese dinamiche
- Per quanto non sempre significativi, più positivi per i progetti di digitalizzazione condotti da imprese dinamiche

# Numero di Dipendenti

## Effetti causali sull'occupazione:

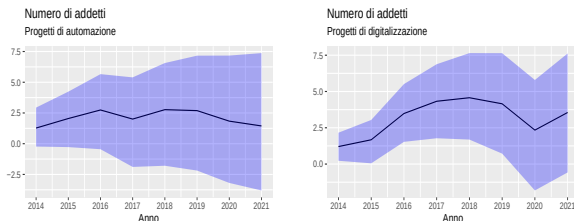
- Nel breve e medio termine (2014–2018), l'intervento ha aumentato l'occupazione di circa due dipendenti all'anno
- Nel 2019, gli effetti sono rimasti positivi con una probabilità del 95% di essere superiori a zero
- Per il 2020 e il 2021, le distribuzioni posteriori si sono concentrate su valori positivi, ma gli intervalli credibili al 95% erano ampi e includevano lo zero

**Figura:** Effetto causale sul numero di dipendenti per le aziende dinamiche nell'unione degli strati  $\bar{P}\bar{P}\bar{A}\bar{A}$ ,  $\bar{P}P\bar{A}\bar{A}$ , e  $PP\bar{A}\bar{A}$



# Numero di Dipendenti 2

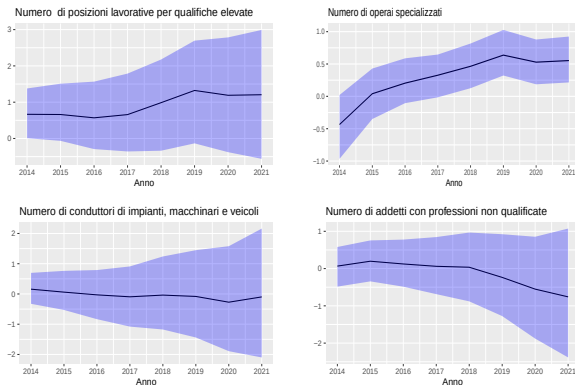
**Figura:** Effetto causale sul numero di dipendenti per le aziende dinamiche nell'unione degli strati  $\bar{P}\bar{P}\bar{A}\bar{A}$ ,  $\bar{P}\bar{P}\bar{A}A$ , e  $PP\bar{A}A$



- Effetti non significativi per progetti di automazione condotti da imprese dinamiche
- Effetti positivi prevalenti. significativi per i progetti di digitalizzazione condotti da imprese dinamiche

# Occupazione per Qualifica

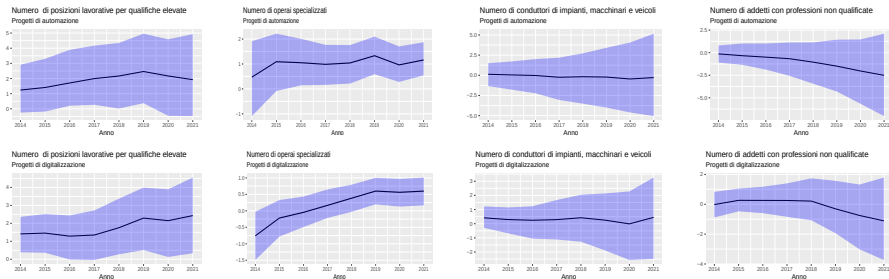
**Figura:** Effetto causale sulle posizioni per qualifica per l'unione degli strati  $\bar{P}\bar{P}\bar{A}\bar{A}$ ,  $\bar{P}\bar{P}\bar{A}\bar{A}$ , e  $PP\bar{A}\bar{A}$



- Effetti non significativi su lavoro non qualificato e conduttori
- Effetti prevalent. positivi su operai specializzati ed elevate qualifiche

# Occupazione per Qualifica 2

**Figura:** Effetto causale sulle posizioni per qualifica per le aziende dinamiche nell'unione degli strati  $\bar{P}\bar{P}\bar{A}\bar{A}$ ,  $\bar{P}P\bar{A}\bar{A}$ , e  $PP\bar{A}\bar{A}$ : Progetti di Automazione vs. Progetti di Digitalizzazione



- Effetti positivi su operai specializzati e alte qualifiche sia in progetti di digitalizzazione che di automazione condotti da imprese dinamiche
- Qualche segnale di effetto negativo su operai non qualificati per progetti di automazione condotti da imprese dinamiche

# Conclusioni

- L'intervento analizzato ha mostrato **parziale addizionalità**, influenzando circa metà del pubblico target:
  - **Valore aggiunto:** Effetti trascurabili
  - **Numero di dipendenti:** Effetti piccoli ma generalmente positivi
- Sebbene l'intervento non abbia migliorato direttamente la produttività, ha facilitato il **miglioramento delle competenze della forza lavoro**:
  - Aumento delle posizioni per lavoratori qualificati e professionisti altamente qualificati
  - Nessun impatto significativo sulle posizioni non qualificate
- I **progetti di automazione** tendono a dare effetti ambigui sul valore aggiunto e sull'occupazione complessiva, mentre i **progetti di digitalizzazione** mostrano segnali positivi per il miglioramento delle competenze e l'espansione dell'occupazione
- Le innovazioni di processo sembrano leggermente superare le innovazioni di prodotto nel favorire il lavoro qualificato

# Grazie per l'attenzione!

Domande?