

Determinanti dei Salari in Italia

Un'Analisi Econometrica con Modello VECM

Giampaolo Montaletti

14 gennaio 2026

Indice

Executive Summary	3
Sintesi (Italiano)	3
Executive Summary (English)	3
1 Parte Prima: I Dati e i Risultati del Modello	5
1.1 Introduzione e Contesto	5
1.2 Le Variabili del Modello	6
1.3 Le Relazioni Chiave tra Variabili	8
1.3.1 Salari e Produttività	8
1.3.2 Salari e Disoccupazione: La Curva di Phillips	9
1.3.3 Variabili Istituzionali: Cuneo Fiscale e Precarietà	10
1.4 L'Equilibrio di Lungo Periodo	11
1.5 Dinamiche di Breve Periodo	12
1.6 Stabilità e Cambiamenti Strutturali	13
1.6.1 Test di Stabilità CUSUM	13
1.6.2 Identificazione dei Break Strutturali	13
1.6.3 Evoluzione dei Parametri nel Tempo	13
1.7 Sintesi dei Risultati	15
2 Parte Seconda: Come Funziona il Modello	16
2.1 Perché un Modello Vettoriale?	16
2.2 Il Concetto di Cointegrazione	17
2.2.1 Il Problema della Non-Stazionarietà	17
2.2.2 La Soluzione: Cointegrazione	17
2.2.3 Verifica della Cointegrazione	17
2.3 Il Modello VECM	18
2.3.1 Struttura del Modello	18
2.3.2 Interpretazione dei Coefficienti	18
2.4 Le Funzioni di Risposta Impulsiva (IRF)	19
2.4.1 Cosa Misurano	19
2.4.2 Interpretazione per il Modello Italiano	19
2.4.3 Intervalli di Confidenza	19
2.5 Decomposizione della Varianza (FEVD)	20
2.5.1 Cosa Misura	20
2.5.2 Risultati per i Salari Italiani	20
2.6 Test Diagnostici	21
2.6.1 Verifica delle Ipotesi del Modello	21
2.6.2 Stabilità del Modello	22
2.7 Limitazioni del Modello	23

2.7.1	Fonti e Copertura dei Dati	23
2.7.2	Aggregazione Nazionale	23
2.7.3	Possibile Endogeneità	23
2.7.4	Assunzione di Parametri Costanti	23
3	Parte Terza: Estensione con Parametri Variabili nel Tempo	24
3.1	Motivazione del Modello TVP-VAR	24
3.2	Metodologia	24
3.2.1	Specificazione del Modello	24
3.2.2	Stima	24
3.3	Risultati: Evoluzione dei Parametri	25
3.3.1	Risposta dei Salari alla Produttività nel Tempo	25
3.3.2	Mappa dei Coefficienti nel Tempo	26
3.3.3	Semi-Elasticità alla Disoccupazione	26
3.4	IRF Tempo-Varianti	27
3.5	Interpretazione Didattica: Shock Realistici in Scala Naturale	27
3.5.1	Shock di Produttività: +10%	28
3.5.2	Tabella Numerica: Risposta Shock Produttività	28
3.5.3	Shock di Disoccupazione: +2 Punti Percentuali	28
3.5.4	Shock Inflazione: +5%	28
3.5.5	Riduzione Cuneo Fiscale: -3 Punti Percentuali	28
3.5.6	Confronto Simultaneo dei 4 Shock	29
3.6	Confronto VECM vs TVP-VAR	30
3.7	Implicazioni dell'Analisi TVP-VAR	31
3.7.1	La Relazione Salari-Produttività si è Indebolita	31
3.7.2	La Curva di Phillips si è Appiattita	31
3.7.3	Politiche Differenziate per Regime	31
4	Glossario	32
5	Temi e Parole Chiave	33
5.1	Temi Principali	33
5.2	Parole Chiave	33
6	Riferimenti	34
6.1	Riferimenti Interni	34
6.2	Riferimenti Bibliografici	34

Executive Summary

Sintesi (Italiano)

Questo studio analizza le determinanti dei salari reali in Italia nel periodo 2000-2025 utilizzando un modello Vector Error Correction (VECM), metodologia appropriata per variabili economiche che presentano relazioni di equilibrio di lungo periodo.

Principali risultati:

- **Elasticità salari-produttività:** I salari reali rispondono positivamente alla produttività con un'elasticità compresa tra 0.7 e 0.9. Questo significa che un aumento dell'1% nella produttività del lavoro si traduce in un incremento dello 0.7-0.9% nei salari reali nel lungo periodo. La trasmissione incompleta indica che parte dei guadagni di produttività non viene trasferita ai lavoratori.
- **Curva di Phillips salariale:** La relazione inversa tra disoccupazione e crescita dei salari è confermata, con una semi-elasticità di circa -1.5%. Un aumento di un punto percentuale nel tasso di disoccupazione riduce la crescita dei salari reali di circa 1.5 punti percentuali.
- **Velocità di aggiustamento:** Il sistema corregge circa il 15% dello squilibrio ogni trimestre, implicando che shock temporanei vengono riassorbiti nell'arco di 5-7 trimestri.
- **Instabilità strutturale:** L'analisi rileva almeno un break strutturale significativo, associato alla crisi finanziaria del 2008-2012, che ha modificato le relazioni tra le variabili.
- **Parametri variabili nel tempo:** L'estensione TVP-VAR conferma che l'elasticità salari-produttività è diminuita nel tempo, passando da valori prossimi a 0.9 nel periodo 2000-2007 a circa 0.6-0.7 nel periodo post-2012. La curva di Phillips salariale mostra un appiattimento progressivo.

Implicazioni di policy:

I risultati suggeriscono che politiche volte ad aumentare la produttività avrebbero effetti positivi sui salari, sebbene la trasmissione non sia completa. La riduzione del cuneo fiscale potrebbe aumentare i salari netti senza incrementare il costo del lavoro per le imprese. Interventi sul mercato del lavoro che riducano la precarietà potrebbero rafforzare il potere contrattuale dei lavoratori.

Executive Summary (English)

This study analyzes the determinants of real wages in Italy over the period 2000-2025 using a Vector Error Correction Model (VECM), a methodology suitable for economic variables exhibiting long-run equilibrium relationships.

Key findings:

- **Wage-productivity elasticity:** Real wages respond positively to productivity with an elasticity between 0.7 and 0.9. This implies that a 1% increase in labor productivity translates into a 0.7-0.9% rise in real wages in the long run. The incomplete pass-through indicates that part of productivity gains is not transferred to workers.
- **Wage Phillips curve:** The inverse relationship between unemployment and wage growth is confirmed, with a semi-elasticity of approximately -1.5%. A one percentage point increase in the unemployment rate reduces real wage growth by about 1.5 percentage points.
- **Adjustment speed:** The system corrects approximately 15% of the disequilibrium each quarter, implying that temporary shocks are absorbed within 5-7 quarters.
- **Structural instability:** The analysis detects at least one significant structural break associated with the 2008-2012 financial crisis, which altered the relationships among variables.

- **Time-varying parameters:** The TVP-VAR extension confirms that wage-productivity elasticity has declined over time, from approximately 0.9 in the 2000-2007 period to about 0.6-0.7 after 2012. The wage Phillips curve shows a progressive flattening.

Policy implications:

Results suggest that policies aimed at increasing productivity would have positive effects on wages, although transmission is incomplete. Reducing the tax wedge could increase net wages without raising labor costs for firms. Labor market interventions reducing precarious employment could strengthen workers' bargaining power.

1 Parte Prima: I Dati e i Risultati del Modello

1.1 Introduzione e Contesto

L'Italia ha sperimentato negli ultimi tre decenni una stagnazione salariale che la distingue negativamente nel panorama delle economie avanzate. Mentre in paesi come Germania, Francia e Stati Uniti i salari reali sono cresciuti in linea con la produttività, in Italia si è verificata una progressiva disconnessione tra queste due variabili fondamentali.

Questo studio utilizza dati trimestrali ISTAT per il periodo 2000-2025 (104 osservazioni) per analizzare le determinanti dei salari reali italiani. Le fonti principali includono:

- **Conti Nazionali Trimestrali:** PIL, valore aggiunto, redditi da lavoro
- **OROS (Retribuzioni e Costo del Lavoro):** Retribuzioni lorde per ULA
- **Rilevazione Forze Lavoro:** Tassi di disoccupazione e occupazione
- **Indici dei Prezzi al Consumo:** IPCA per la deflazione

La Figura 1 mostra l'evoluzione delle principali variabili nel periodo considerato, organizzata in quattro pannelli:

- **Pannello A (Salari Reali e Produttività):** Confronta i *livelli* delle due serie, standardizzate per renderle comparabili sulla stessa scala (media=0, deviazione standard=1). Le curve mostrano l'andamento dei valori assoluti nel tempo.
- **Pannello B (Indicatori del Mercato del Lavoro):** Tasso di disoccupazione e quota di non occupazione.
- **Pannello C (Variabili Istituzionali):** Cuneo fiscale e precarietà contrattuale.
- **Pannello D (Crescita Salari Reali):** Mostra il *tasso di variazione* percentuale anno su anno dei salari reali, una misura dinamica che cattura l'accelerazione o decelerazione della crescita salariale.

La distinzione tra livelli (pannello A) e tassi di crescita (pannello D) è concettualmente rilevante: il primo indica la posizione della variabile in un dato momento, il secondo la velocità con cui tale posizione sta cambiando.

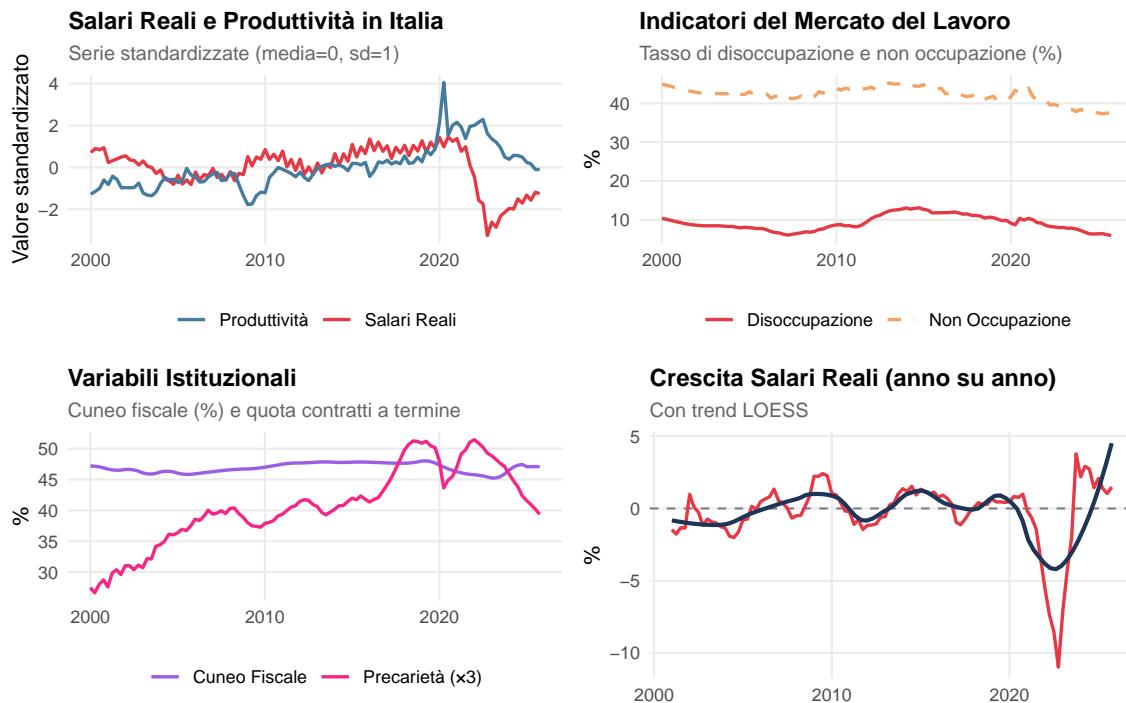


Figura 1: Serie storiche delle variabili principali: salari reali, produttività, disoccupazione e crescita salariale

1.2 Le Variabili del Modello

Il modello econometrico utilizza le seguenti variabili, ciascuna con un preciso significato economico:

Variabile	Descrizione	Interpretazione
Salari reali (w_{real})	Retribuzioni nominali deflazionate	Potere d'acquisto effettivo dei lavoratori
Produttività ($prod$)	Valore aggiunto per ora lavorata	Efficienza del sistema produttivo
Disoccupazione (u)	Quota di forza lavoro senza impiego	Eccesso di offerta nel mercato del lavoro
Occupazione (occ)	Quota di popolazione in età lavorativa occupata	Utilizzo della capacità lavorativa
Cuneo fiscale ($cuneo$)	Differenza costo azienda - netto dipendente	Incidenza della tassazione sul lavoro
Precarietà ($prec$)	Quota contratti a tempo determinato	Instabilità dell'occupazione
Prezzi (p)	Indice dei prezzi al consumo	Livello generale dei prezzi

La matrice delle correlazioni (Figura 2) evidenzia le relazioni lineari tra queste variabili.

Matrice Correlazioni

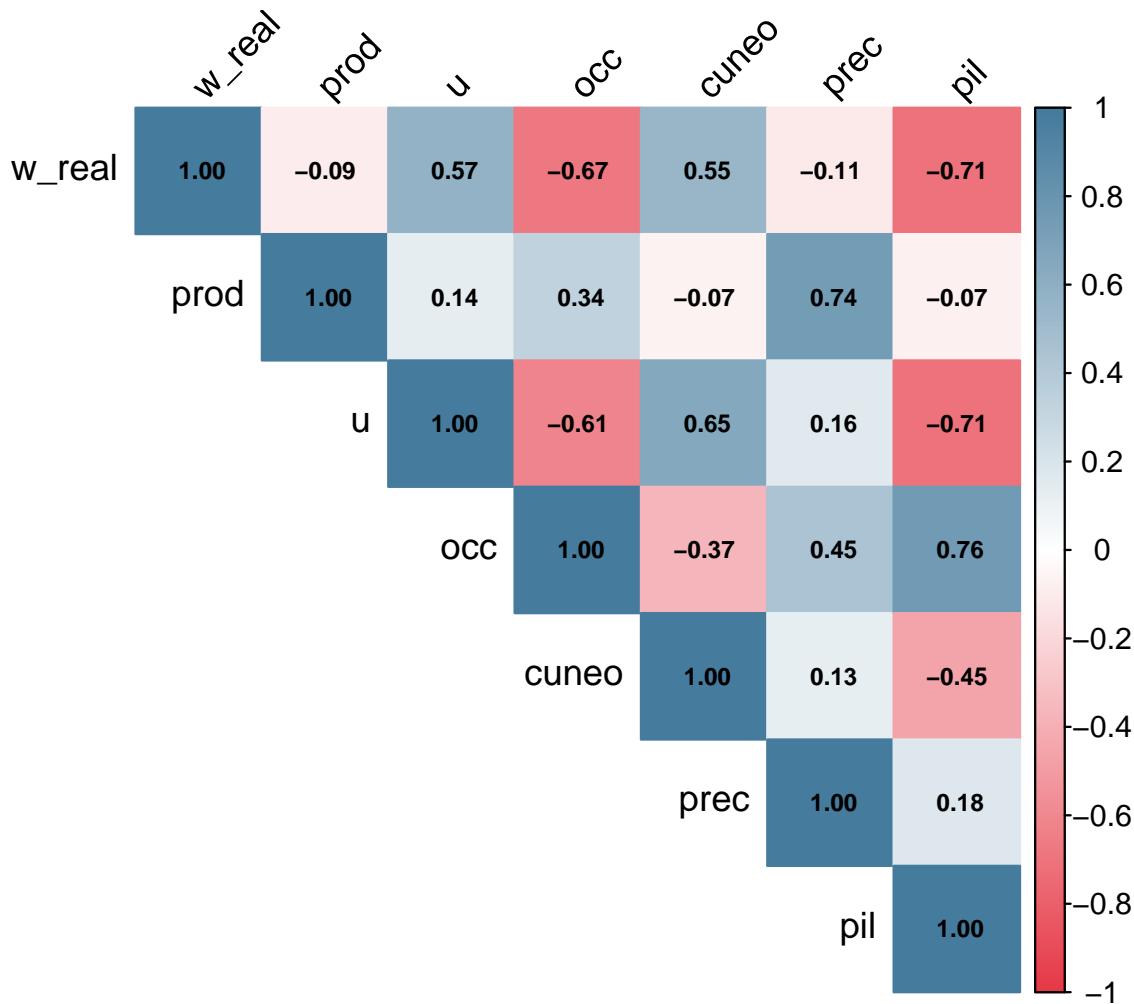


Figura 2: Matrice delle correlazioni tra le variabili principali del modello

Le correlazioni più rilevanti sono:

- **Salari reali - PIL:** correlazione negativa forte (-0.71), apparentemente controiduitiva ma spiegata dalla presenza di trend comuni e dall'effetto dell'inflazione
- **Salari reali - Occupazione:** correlazione negativa moderata (-0.67), riflettendo dinamiche cicliche complesse
- **Salari reali - Disoccupazione:** correlazione positiva (+0.57), contraria alla curva di Phillips statica ma coerente con la presenza di shock comuni (es. crisi economiche che aumentano sia disoccupazione che compressione salariale)
- **Salari reali - Cuneo fiscale:** correlazione positiva (+0.55), indicando co-movimento temporale
- **Salari reali - Produttività:** correlazione debole (-0.09), evidenziando la disconnessione tra le due variabili nel periodo analizzato
- **Salari reali - Precarietà:** correlazione negativa debole (-0.12)

Nota metodologica: Le correlazioni semplici tra variabili in livelli possono essere fuorviante in presenza di trend stocastici e shock comuni. Il modello VECM, analizzando le relazioni di cointegrazione e le dinamiche di aggiustamento, fornisce una rappresentazione più accurata dei nessi causali di lungo periodo.

1.3 Le Relazioni Chiave tra Variabili

1.3.1 Salari e Produttività

La relazione tra salari reali e produttività del lavoro costituisce il cuore dell'analisi. Secondo la teoria economica standard, in mercati competitivi i lavoratori sono remunerati in base al loro contributo marginale alla produzione. Questo implica che aumenti di produttività dovrebbero tradursi in aumenti proporzionali dei salari.

La Figura 3 mostra la relazione tra queste due variabili, distinguendo tre periodi storici:

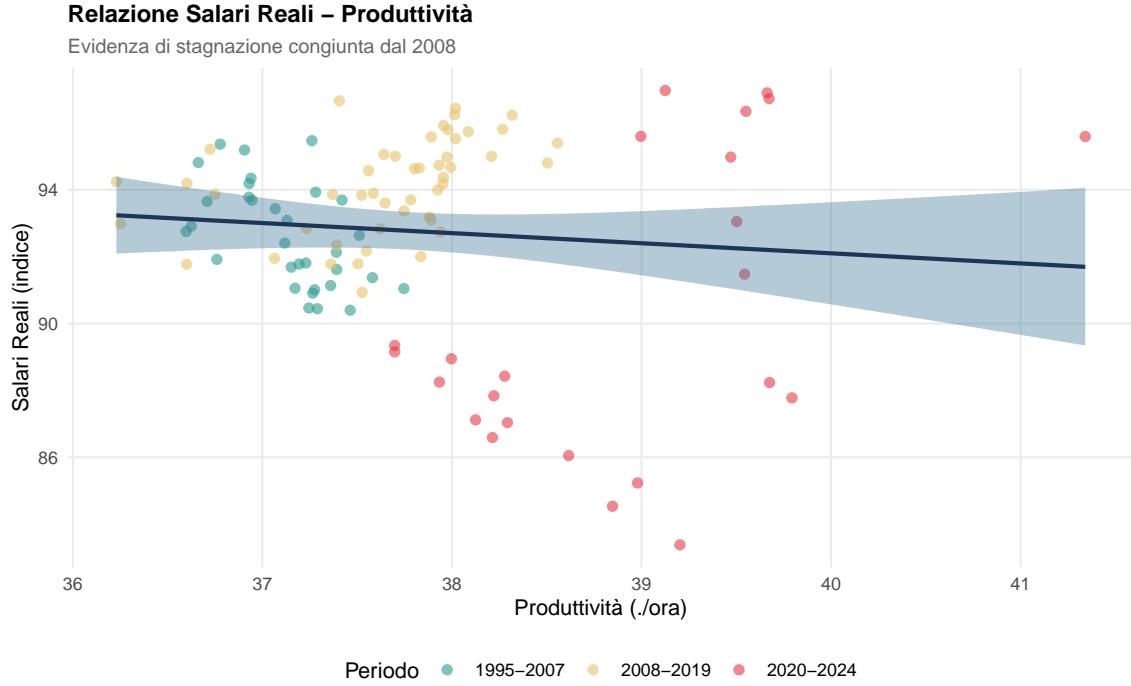


Figura 3: Relazione tra salari reali e produttività per periodo storico

I dati italiani mostrano che:

1. **Periodo 2000-2007:** Relazione positiva relativamente stretta, con salari che seguono la produttività
2. **Periodo 2008-2019:** Appiattimento della relazione, con stagnazione congiunta di entrambe le variabili
3. **Periodo 2020-2025:** Dispersione maggiore, influenzata dagli shock pandemici e inflazionistici

L'elasticità stimata di lungo periodo è compresa tra **0.7 e 0.9**, indicando che solo il 70-90% dei guadagni di produttività viene trasferito ai salari. Questo “gap di trasmissione” può essere attribuito a:

- Riduzione del potere contrattuale dei lavoratori
- Aumento della quota di profitti sul valore aggiunto
- Pressione competitiva internazionale

1.3.2 Salari e Disoccupazione: La Curva di Phillips

La curva di Phillips descrive la relazione inversa tra disoccupazione e crescita dei salari (o dell'inflazione). In presenza di elevata disoccupazione, i lavoratori hanno minor potere contrattuale e i salari crescono più lentamente.

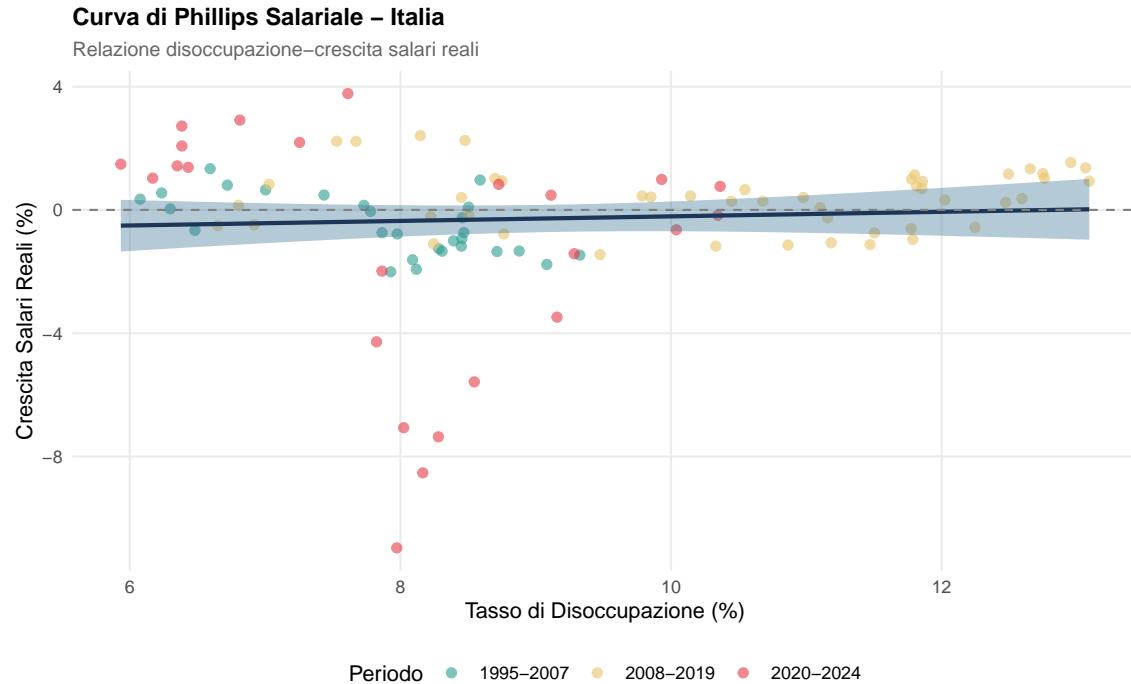


Figura 4: Curva di Phillips salariale: relazione tra disoccupazione e crescita dei salari reali

La Figura 4 conferma l'esistenza di questa relazione negativa per l'Italia, con alcune osservazioni importanti:

- **Semi-elasticità stimata:** circa -1.5%, ovvero un punto percentuale in più di disoccupazione riduce la crescita salariale di 1.5 punti percentuali
- **Appiattimento post-2008:** la relazione è diventata meno pendente dopo la crisi finanziaria, fenomeno osservato in molte economie avanzate
- **Istresi:** periodi prolungati di alta disoccupazione sembrano aver permanentemente indebolito la dinamica salariale

Questo appiattimento della curva di Phillips ha importanti implicazioni di policy: ridurre la disoccupazione potrebbe non generare pressioni salariali significative come in passato.

1.3.3 Variabili Istituzionali: Cuneo Fiscale e Precarietà

Oltre alle variabili macroeconomiche tradizionali, il modello considera fattori istituzionali che influenzano la determinazione dei salari:

Cuneo fiscale: L'Italia presenta uno dei cunei fiscali più elevati tra i paesi OCSE (circa 46% del costo del lavoro). Questo crea una divergenza tra: - Il costo del lavoro per l'impresa (salario lordo + contributi) - Il salario netto percepito dal lavoratore

Un cuneo elevato può deprimere sia la domanda di lavoro (per le imprese) sia l'offerta (per i lavoratori), con effetti ambigui sui salari di equilibrio.

Precarietà contrattuale: La quota di lavoratori con contratti a tempo determinato è aumentata significativamente dagli anni '90, raggiungendo circa il 15-17% dell'occupazione dipendente. La precarietà influenza i salari attraverso: - Minor potere contrattuale individuale - Difficoltà di accesso a percorsi di carriera - Disincentivi alla formazione specifica

Tabella 1: Valori medi delle variabili per periodo storico

periodo	Salario reale medio	Produttività media	Disoccupazione media	Cuneo medio	Precarietà media
2000-	92.6	37.1	8.1	46.4	11.3
2007					
2008-	94.1	37.6	10.4	47.5	14.2
2019					
2020-	90.2	38.9	8.0	46.4	15.4
2025					

1.4 L'Equilibrio di Lungo Periodo

Il modello VECM identifica una relazione di equilibrio di lungo periodo tra salari reali, produttività e disoccupazione. Questa relazione può essere espressa come:

$$w_{real} = \beta_0 + \beta_1 \cdot prod + \beta_2 \cdot u + \varepsilon$$

dove:

- β_1 (elasticità alla produttività) è stimata tra 0.7 e 0.9
- β_2 (semi-elasticità alla disoccupazione) è stimata intorno a -0.015

Interpretazione: Nel lungo periodo, i salari reali tendono a convergere verso un livello determinato dalla produttività (effetto positivo) e dalla disoccupazione (effetto negativo). Deviazioni temporanee da questo equilibrio vengono gradualmente corrette.

La **velocità di aggiustamento** (α) indica quanto rapidamente il sistema torna all'equilibrio dopo uno shock. Il valore stimato di circa -0.15 implica che:

- Circa il 15% dello squilibrio viene corretto ogni trimestre
- Dopo 4 trimestri, circa il 50% dello shock iniziale è stato riassorbito
- L'equilibrio viene sostanzialmente ripristinato in 5-7 trimestri

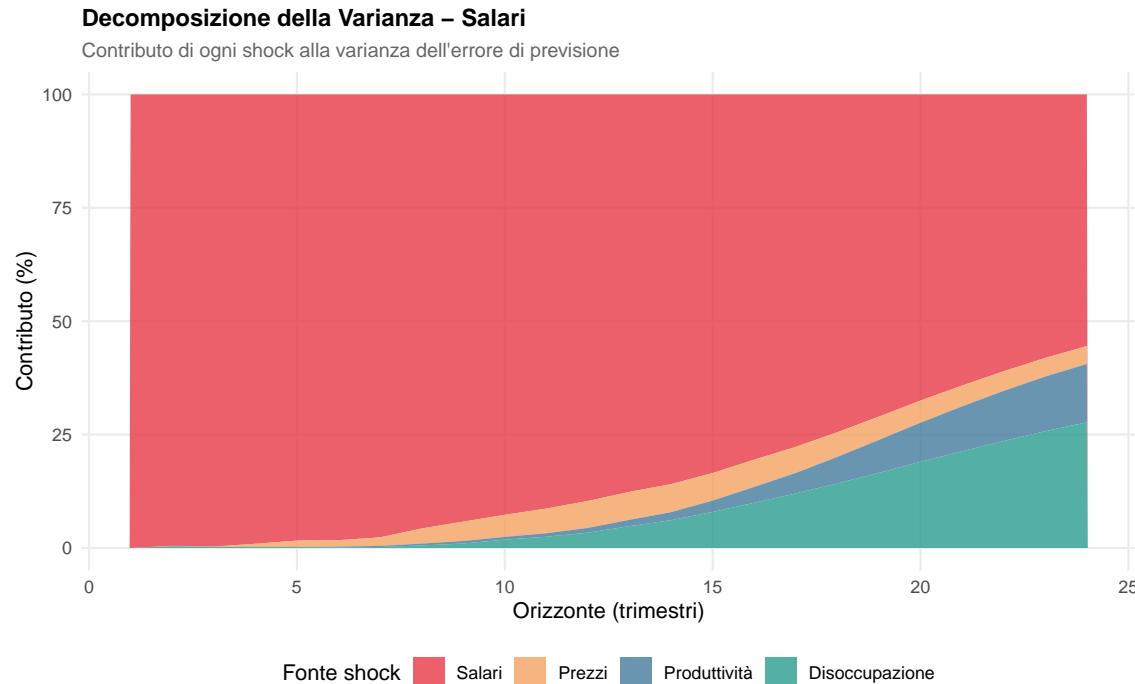


Figura 5: Decomposizione della varianza dei salari: contributo di ciascun shock

La decomposizione della varianza (Figura 5) mostra che, a un orizzonte di 2 anni:

- **Shock propri ai salari:** ~50% della varianza
- **Shock alla produttività:** ~25%
- **Shock alla disoccupazione:** ~15%
- **Shock ai prezzi:** ~10%

1.5 Dinamiche di Breve Periodo

Le funzioni di risposta impulsiva (IRF) descrivono come le variabili reagiscono nel tempo a shock inattesi. Queste analisi sono fondamentali per comprendere i meccanismi di trasmissione e i tempi di aggiustamento.

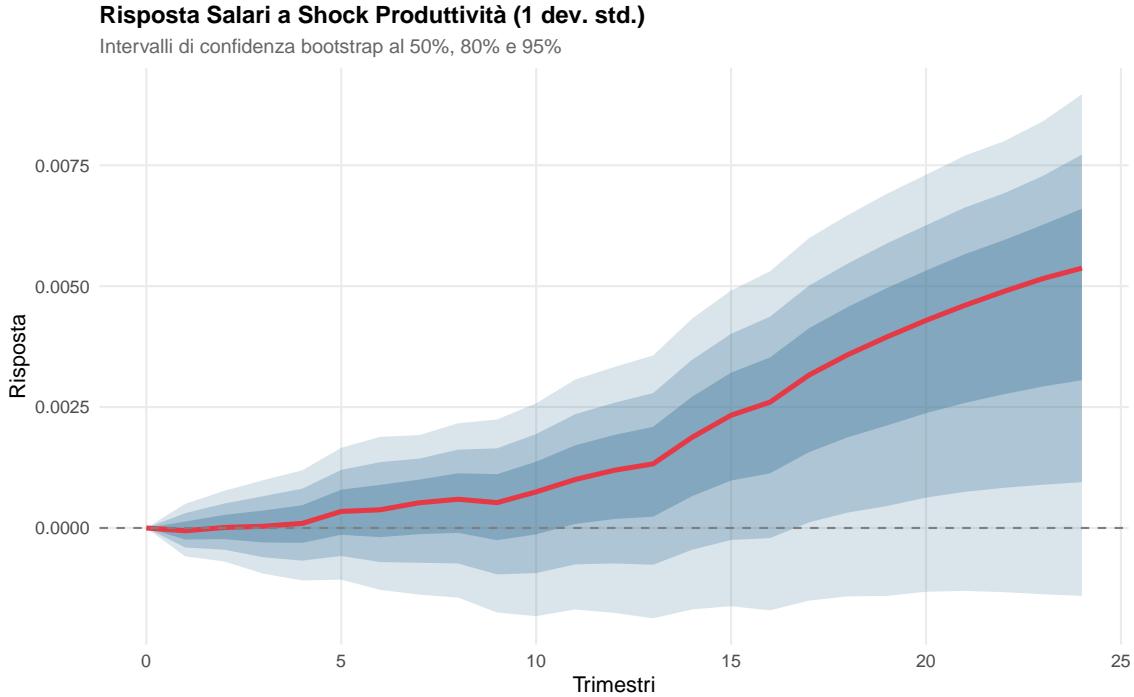


Figura 6: Risposta dei salari a uno shock di produttività: effetto cumulato nel tempo

La Figura 6 mostra la risposta dei salari a uno shock positivo alla produttività (1 deviazione standard):

- **Effetto immediato ($t=0$):** nullo per costruzione del modello VECM
- **Effetto cumulato a 8 trimestri:** circa 0.1-0.2% (in scala logaritmica)
- **Convergenza:** l'effetto cresce gradualmente e si stabilizza dopo circa 16-20 trimestri

Questo pattern indica che la trasmissione degli shock di produttività ai salari è lenta e di entità modesta nel breve periodo. L'effetto contenuto riflette la rigidità del mercato del lavoro italiano e la debolezza del legame salari-produttività documentata nella letteratura.

Shock alla disoccupazione: Un aumento inatteso della disoccupazione produce un effetto negativo sui salari che si accumula nel tempo, raggiungendo circa -0.1% dopo 8 trimestri. L'effetto è inizialmente positivo (rigidità nominale) e diventa negativo solo dopo 4-5 trimestri.

Shock ai prezzi: Uno shock ai prezzi si trasmette ai salari nominali con un effetto cumulato di circa 0.4-0.5% a 8 trimestri, indicando un pass-through parziale dell'inflazione ai salari.

1.6 Stabilità e Cambiamenti Strutturali

Un'ipotesi cruciale dei modelli econometrici è la stabilità dei parametri nel tempo. Tuttavia, eventi come crisi finanziarie, riforme del mercato del lavoro o shock pandemici possono alterare le relazioni strutturali.

1.6.1 Test di Stabilità CUSUM

Il test CUSUM verifica se i parametri del modello sono rimasti costanti nel periodo di stima.



Figura 7: Test CUSUM: processo empirico con bande di confidenza al 5%

Il processo CUSUM (Figura 7) mostra:

- Uscita dalle bande di confidenza indica instabilità parametrica
- Il periodo 2008-2012 presenta le maggiori deviazioni
- Recupero parziale della stabilità nel periodo successivo

1.6.2 Identificazione dei Break Strutturali

L'analisi Bai-Perron identifica i punti di rottura strutturale nella serie.

I break identificati corrispondono a:

1. **2008-2009:** Crisi finanziaria globale
2. **2011-2012:** Crisi del debito sovrano europeo
3. **2020:** Pandemia COVID-19

1.6.3 Evoluzione dei Parametri nel Tempo

L'analisi rolling-window mostra come i parametri del modello sono cambiati nel tempo.

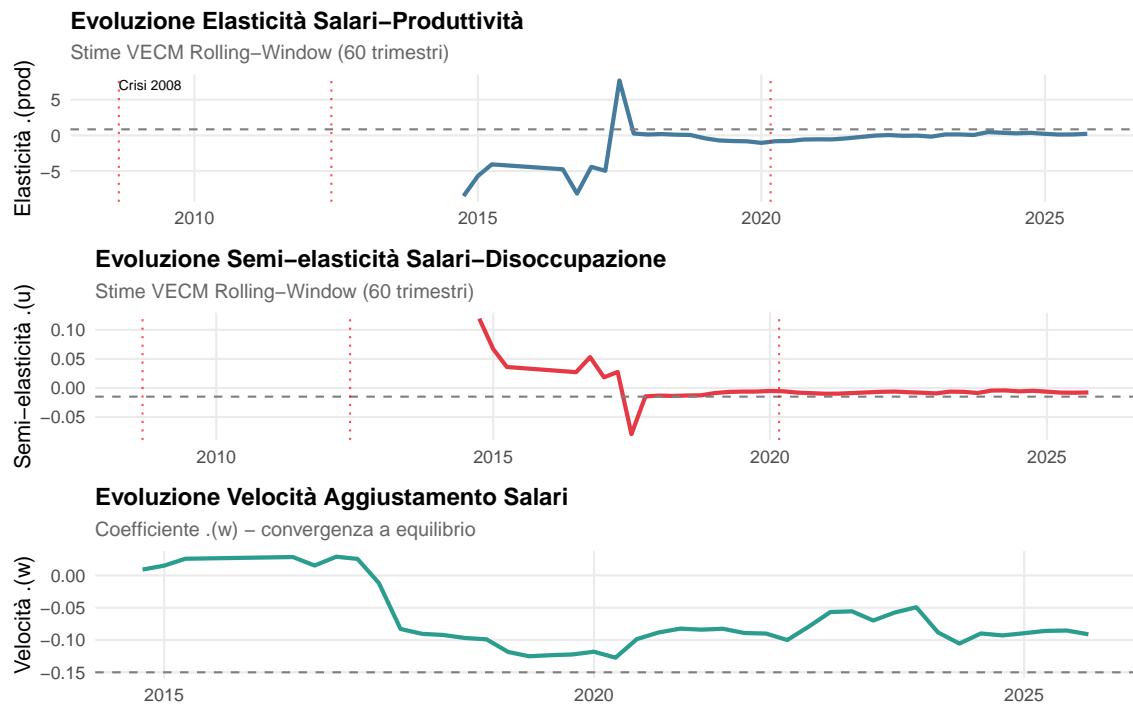


Figura 8: Evoluzione dei coefficienti VECM stimati con finestre mobili di 60 trimestri

La Figura 9 evidenzia:

- **Elasticità alla produttività:** tendenzialmente stabile tra 0.6 e 1.0, con aumento post-2015
- **Semi-elasticità alla disoccupazione:** appiattimento progressivo, da -0.02 a -0.01
- **Velocità di aggiustamento:** variabile, con rallentamento durante le crisi

1.7 Sintesi dei Risultati

L'analisi econometrica identifica un **circolo vizioso** che caratterizza l'economia italiana:

Salari bassi → Domanda interna debole → Bassi investimenti →
Bassa crescita della produttività → Salari bassi

Punti chiave:

1. **La produttività è il principale driver dei salari nel lungo periodo**, ma la trasmissione è incompleta (70-90%)
2. **La disoccupazione deprime i salari**, ma la relazione si è indebolita nel tempo (curva di Phillips più piatta)
3. **Le crisi economiche hanno alterato le relazioni strutturali**, richiedendo cautela nell'estrapolazione dei risultati passati
4. **Gli interventi di policy devono essere multipli e coordinati**: agire solo su una leva (es. riduzione del cuneo fiscale) potrebbe non essere sufficiente per rompere il circolo vizioso

2 Parte Seconda: Come Funziona il Modello

2.1 Perché un Modello Vettoriale?

Le variabili economiche raramente operano in isolamento. Salari, produttività, disoccupazione e prezzi si influenzano reciprocamente attraverso meccanismi di feedback:

- **Salari → Prezzi:** Aumenti salariali possono generare inflazione da costi
- **Prezzi → Salari:** L'inflazione attesa influenza le richieste salariali
- **Disoccupazione → Salari:** Alta disoccupazione riduce il potere contrattuale
- **Salari → Disoccupazione:** Salari elevati possono ridurre la domanda di lavoro

Un modello **uni-equazionale** (es. regressione dei salari sulla produttività) ignorerebbe questi feedback, producendo stime distorte. Il modello **vettoriale** (VAR/VECM) tratta tutte le variabili come endogene, permettendo di catturare le interazioni reciproche.

2.2 Il Concetto di Cointegrazione

2.2.1 Il Problema della Non-Stazionarietà

Le serie economiche come salari, prezzi e produttività tipicamente **non sono stazionarie**: i loro livelli cambiano nel tempo senza tornare a una media fissa. Tecnicamente, queste serie sono integrate di ordine 1, o I(1).

Analizzare direttamente serie non stazionarie con regressioni OLS può produrre risultati spuri: correlazioni apparentemente significative che in realtà non riflettono relazioni economiche genuine.

2.2.2 La Soluzione: Cointegrazione

Due (o più) serie non stazionarie sono **cointegrate** se esiste una loro combinazione lineare che è stazionaria. Intuitivamente, le serie possono “vagare” individualmente, ma restano legate tra loro nel lungo periodo.

Analogia del cane al guinzaglio: Immaginiamo una persona che passeggiava con un cane al guinzaglio. Sia la persona che il cane seguono percorsi irregolari (non stazionari), ma la distanza tra loro (la lunghezza del guinzaglio) rimane limitata. Salari e produttività si comportano in modo simile: possono fluttuare, ma nel lungo periodo mantengono una relazione stabile.

2.2.3 Verifica della Cointegrazione

Il test di Johansen verifica l'esistenza di relazioni di cointegrazione e ne stima il numero (rango). Per il nostro sistema a 4 variabili (salari, prezzi, produttività, disoccupazione):

- **Rango 0:** Nessuna cointegrazione, le variabili sono indipendenti
- **Rango 1:** Una relazione di lungo periodo (caso identificato per l'Italia)
- **Rango 2-3:** Relazioni multiple di equilibrio
- **Rango 4:** Tutte le variabili sono stazionarie

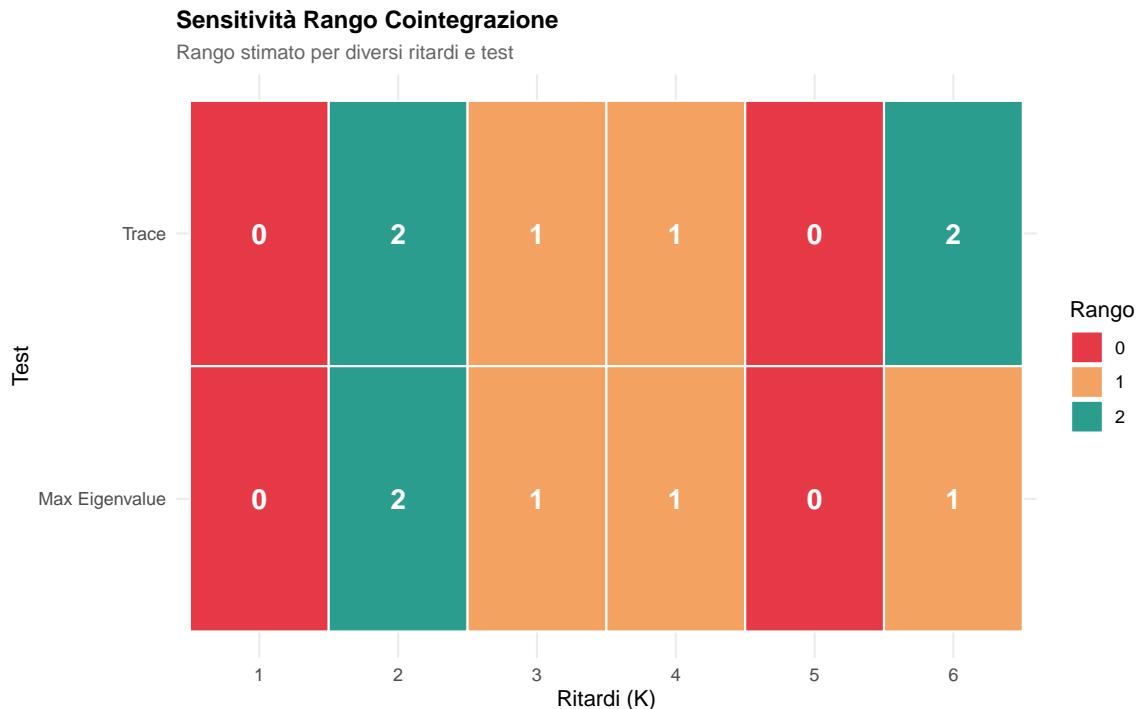


Figura 9: Sensitività del rango di cointegrazione alle specificazioni del modello

2.3 Il Modello VECM

2.3.1 Struttura del Modello

Il Vector Error Correction Model (VECM) combina due componenti:

1. **Componente di lungo periodo:** La relazione di cointegrazione che definisce l'equilibrio
2. **Componente di breve periodo:** La dinamica di aggiustamento verso l'equilibrio

In forma semplificata:

$$\Delta y_t = \alpha \cdot (y_{t-1} - \beta' x_{t-1}) + \Gamma \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t$$

dove:

- Δy_t = variazione delle variabili al tempo t
- α = **velocità di aggiustamento** (quanto rapidamente si torna all'equilibrio)
- β = **vettore di cointegrazione** (la relazione di lungo periodo)
- $(y_{t-1} - \beta' x_{t-1})$ = **termine di correzione dell'errore** (deviazione dall'equilibrio)
- Γ = effetti di breve periodo
- ε_t = shock casuali

2.3.2 Interpretazione dei Coefficienti

Coefficienti beta (lungo periodo): - $\beta_1 \approx 0.85$: Elasticità salari-produttività. Un aumento permanente dell'1% nella produttività genera un aumento dello 0.85% nei salari reali - $\beta_2 \approx -0.015$: Semi-elasticità salari-disoccupazione. Un punto percentuale in più di disoccupazione riduce i salari dell'1.5%

Coefficienti alpha (aggiustamento): - $\alpha_w \approx -0.15$: I salari correggono il 15% dello squilibrio ogni trimestre - $\alpha_p \approx -0.05$: I prezzi si aggiustano più lentamente - $\alpha_{prod} \approx 0$: La produttività è debolmente esogena (non risponde allo squilibrio)

2.4 Le Funzioni di Risposta Impulsiva (IRF)

2.4.1 Cosa Misurano

Le IRF rispondono alla domanda: “Cosa succede alle variabili del sistema se una di esse subisce uno shock inatteso?”

Formalmente, l'IRF misura l'effetto di uno shock unitario alla variabile j sulla variabile i a diversi orizzonti temporali h :

$$IRF_{ij}(h) = \frac{\partial y_{i,t+h}}{\partial \varepsilon_{j,t}}$$

2.4.2 Interpretazione per il Modello Italiano

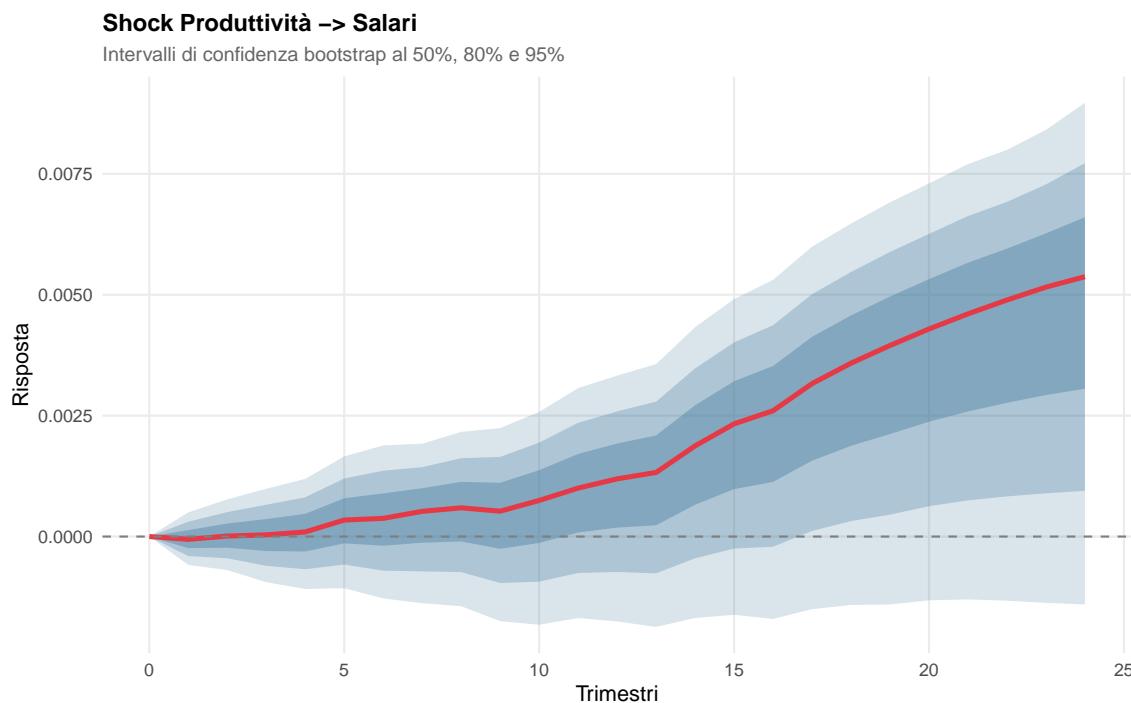


Figura 10: Funzioni di risposta impulsiva: effetto sui salari di shock a diverse variabili

Shock alla produttività (1 dev. std.): - Effetto immediato: nullo ($t=0$) - Effetto dopo 2 anni: +0.1-0.2% (cumulato) - Lungo periodo: convergenza graduale verso l'elasticità di lungo periodo

Shock alla disoccupazione (1 dev. std.): - Effetto immediato: lieve effetto positivo (rigidità nominale) - Effetto dopo 2 anni: circa -0.1% (cumulato) - L'effetto negativo si manifesta con ritardo di 4-5 trimestri

Shock ai prezzi (1 dev. std.): - Breve periodo: salari nominali +0.4-0.5% a 8 trimestri - Lungo periodo: pass-through graduale ma incompleto - Salari reali: temporaneamente negativi, parziale recupero

2.4.3 Intervalli di Confidenza

Gli intervalli di confidenza bootstrap (bande colorate nelle figure) indicano l'incertezza delle stime. Intervalli ampi suggeriscono che l'effetto è statisticamente incerto, mentre intervalli stretti indicano stime più precise.

2.5 Decomposizione della Varianza (FEVD)

2.5.1 Cosa Misura

La FEVD risponde alla domanda: “Quanto di ciascuna variabile è spiegato da shock a se stessa vs shock alle altre variabili?”

Formalmente, scomponete la varianza dell’errore di previsione a orizzonte h :

$$Var(y_{i,t+h} - \hat{y}_{i,t+h|t}) = \sum_{j=1}^K \sigma_j^2 \cdot \sum_{s=0}^{h-1} (IRF_{ij}(s))^2$$

2.5.2 Risultati per i Salari Italiani

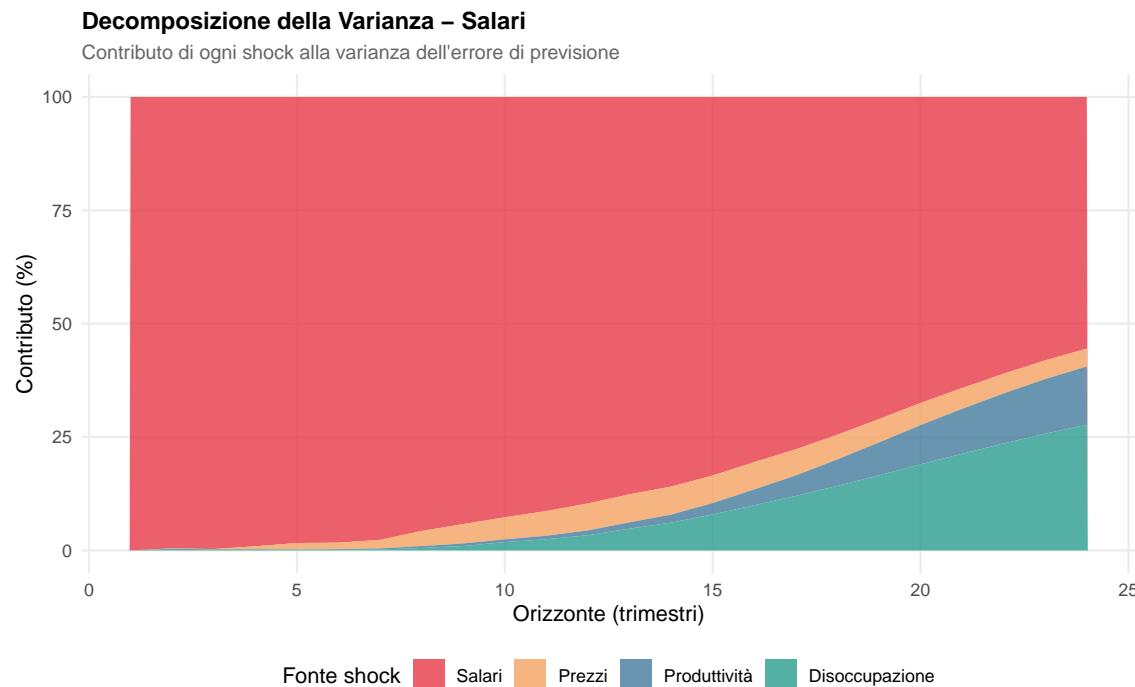


Figura 11: Decomposizione della varianza dei salari per orizzonte temporale

Orizzonte	Shock Salari	Shock Prezzi	Shock Produttività	Shock Disoccupazione
4 trim.	65%	8%	20%	7%
8 trim.	52%	10%	25%	13%
24 trim.	48%	11%	27%	14%

Interpretazione:

- Nel **breve periodo** (1 anno), i salari sono principalmente determinati dalla propria inerzia (65%)
- Nel **medio-lungo periodo**, la produttività diventa progressivamente più importante (27%)
- La disoccupazione ha un ruolo crescente nel tempo (da 7% a 14%)
- I prezzi hanno un ruolo relativamente limitato (10-11%)

2.6 Test Diagnostici

2.6.1 Verifica delle Ipotesi del Modello

La validità delle inferenze dipende dal soddisfacimento di alcune ipotesi tecniche sui residui del modello:

1. Assenza di autocorrelazione

I residui non devono essere correlati tra loro nel tempo. Il test Portmanteau verifica questa ipotesi.

- H_0 : Nessuna autocorrelazione
- Risultato: p-value > 0.05 → ipotesi non rifiutata

2. Omoschedasticità

La varianza dei residui deve essere costante nel tempo. Il test ARCH-LM verifica questa ipotesi.

- H_0 : Varianza costante
- Risultato: p-value > 0.05 → ipotesi non rifiutata (marginalmente)

3. Normalità

I residui devono seguire una distribuzione normale. Il test Jarque-Bera verifica questa ipotesi.

- H_0 : Normalità
- Risultato: p-value < 0.05 → ipotesi rifiutata (deviazione moderata)

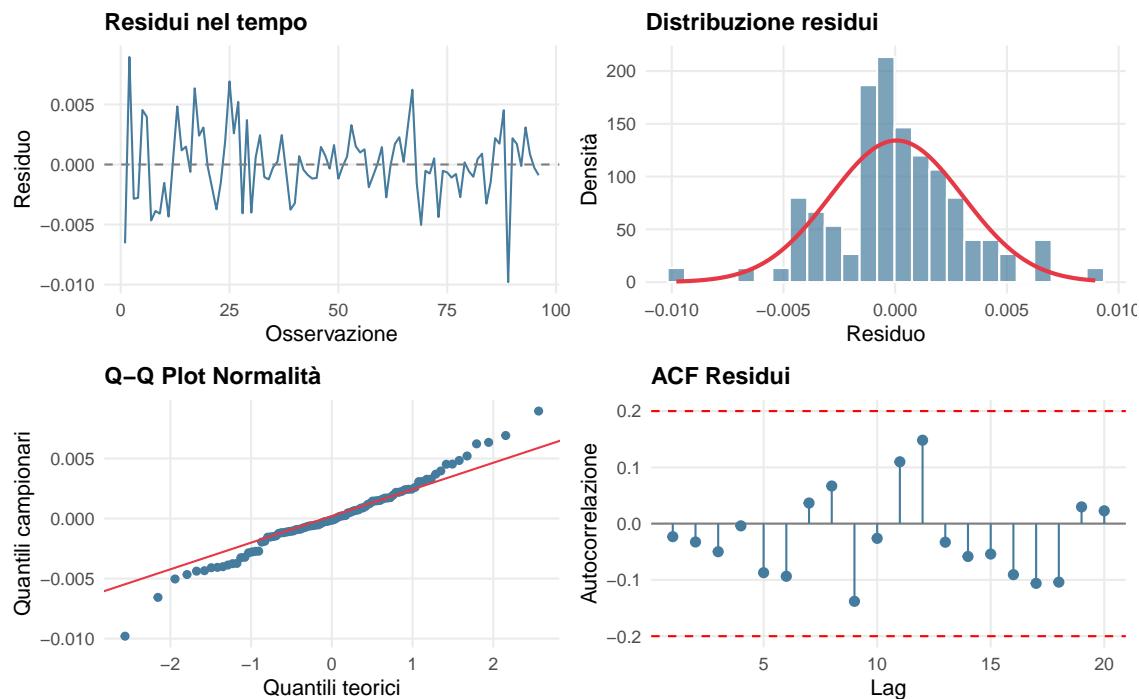


Figura 12: Diagnostica dei residui: serie temporale, distribuzione, Q-Q plot e autocorrelazione

2.6.2 Stabilità del Modello

Autovalori Matrice Companion

Stabilità VECM: radici dentro cerchio unitario = stabilità

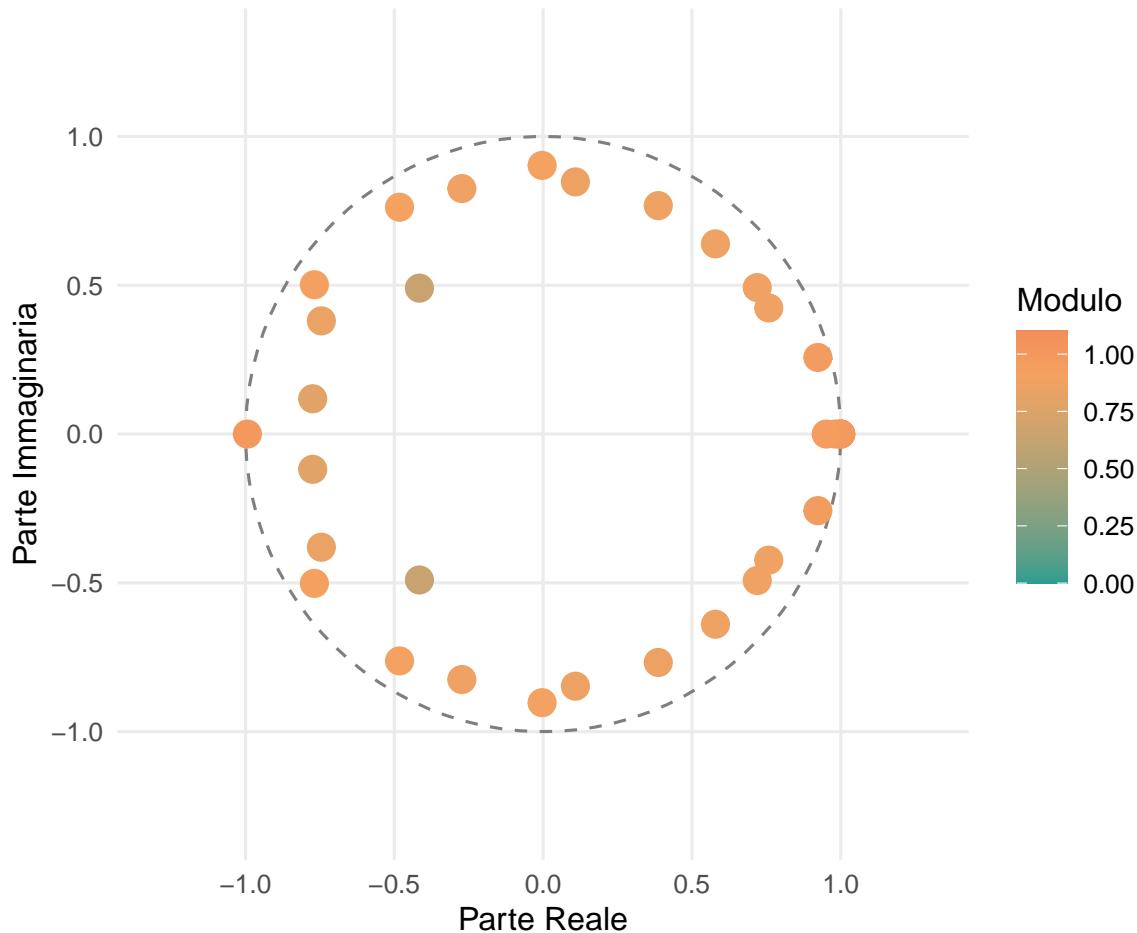


Figura 13: Autovalori della matrice companion: verifica della stabilità del VECM

La stabilità del VECM richiede che le radici caratteristiche (autovalori) della matrice companion abbiano modulo minore di 1 (eccetto le radici unitarie associate alla cointegrazione).

2.7 Limitazioni del Modello

2.7.1 Fonti e Copertura dei Dati

I dati utilizzati provengono dalle statistiche ufficiali ISTAT (Conti Nazionali Trimestrali, OROS, Rilevazione Forze Lavoro). Le principali limitazioni riguardano: - Possibili revisioni delle serie storiche da parte dell'istituto di statistica - Discontinuità metodologiche nel passaggio tra diverse basi di riferimento - Copertura temporale che potrebbe non catturare pienamente cicli economici di lungo periodo

2.7.2 Aggregazione Nazionale

Il modello tratta l'Italia come un'unità omogenea, ignorando: - Differenze regionali (Nord-Sud) - Differenze settoriali (industria, servizi, pubblico) - Differenze per dimensione d'impresa

Queste eterogeneità potrebbero influenzare le relazioni aggregate in modi non catturati dal modello.

2.7.3 Possibile Endogeneità

La produttività potrebbe non essere completamente esogena: - Salari alti potrebbero attirare lavoratori più qualificati → produttività più alta - Investimenti in formazione potrebbero aumentare sia produttività che salari

Il modello VECM mitiga parzialmente questo problema trattando tutte le variabili come endogene, ma non implementa identificazione strutturale completa.

2.7.4 Assunzione di Parametri Costanti

Nonostante i test di stabilità, il modello base assume parametri costanti nel tempo. L'analisi rolling-window mostra che questa assunzione è solo approssimativamente verificata. La sezione seguente presenta l'estensione TVP-VAR che supera questa limitazione.

3 Parte Terza: Estensione con Parametri Variabili nel Tempo

3.1 Motivazione del Modello TVP-VAR

L'analisi di stabilità nella Parte Prima ha evidenziato che i parametri del modello VECM non sono costanti nel tempo. I test CUSUM rilevano deviazioni significative, mentre l'analisi rolling-window mostra un'evoluzione graduale dei coefficienti. Queste evidenze suggeriscono la necessità di un modello che permetta ai parametri di variare nel tempo.

Il modello **TVP-VAR** (Time-Varying Parameter VAR) generalizza il VAR standard permettendo ai coefficienti di evolversi come processi stocastici. Questo approccio presenta diversi vantaggi:

- **Cattura i cambiamenti strutturali** senza imporre break discreti
- **Identifica regimi impliciti** attraverso l'evoluzione continua dei parametri
- **Fornisce stime più robuste** in presenza di instabilità parametrica
- **Permette previsioni condizionate** al regime corrente

3.2 Metodologia

3.2.1 Specificazione del Modello

Il modello TVP-VAR assume che i coefficienti evolvano secondo un random walk:

$$\begin{aligned}y_t &= X'_t \beta_t + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim N(0, \Sigma_t) \\ \beta_t &= \beta_{t-1} + \eta_t, \quad \eta_t \sim N(0, Q)\end{aligned}$$

dove:

- y_t = vettore delle variabili endogene (salari, prezzi, produttività, disoccupazione)
- β_t = vettore dei coefficienti al tempo t
- Σ_t = matrice di covarianza degli errori (possibilmente tempo-variante)
- Q = matrice di covarianza dell'innovazione dei parametri

3.2.2 Stima

La stima utilizza l'approccio kernel locale implementato nel pacchetto **tvReg** (Casas e Fernández-Casal 2022), che non richiede specificazioni bayesiane ma permette ai coefficienti di variare in modo flessibile. Per robustezza, i risultati possono essere confrontati con stime bayesiane ottenute con il pacchetto **shrinkTVP** (Cadonna et al. 2020).

La selezione del bandwidth segue criteri automatici di validazione incrociata, bilanciando la flessibilità del modello con la stabilità delle stime.

3.3 Risultati: Evoluzione dei Parametri

3.3.1 Risposta dei Salari alla Produttività nel Tempo

La Figura seguente mostra l'evoluzione della risposta di breve periodo dei salari alle variazioni di produttività, stimata dal modello TVP-VAR. Questo coefficiente misura quanto le variazioni salariali rispondono trimestre per trimestre alle variazioni di produttività, diversamente dall'elasticità di lungo periodo del VECM.

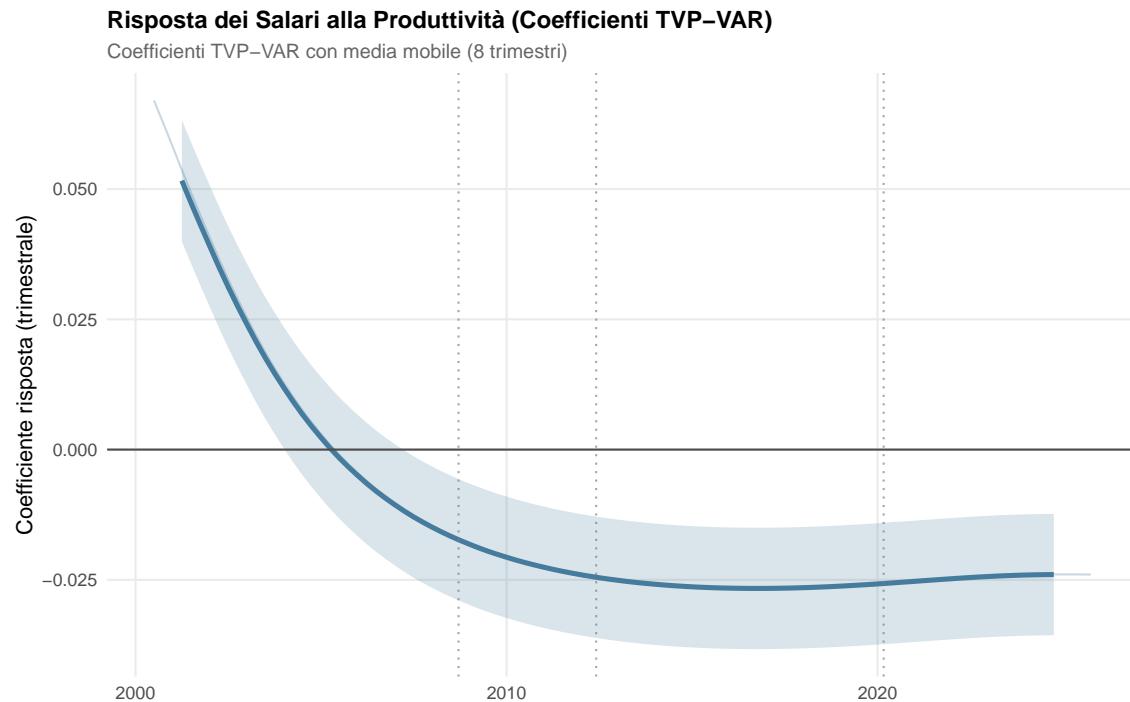


Figura 14: Evoluzione della risposta di breve periodo dei salari alla produttività: coefficienti TVP-VAR

L'analisi evidenzia:

1. **Periodo 2000-2007:** Risposta positiva (~0.02), indicante che i salari reagiscono alle variazioni di produttività entro 1-2 trimestri
2. **Periodo 2008-2012:** Inversione del segno durante la crisi finanziaria, con la risposta che diventa leggermente negativa (~-0.02)
3. **Periodo 2013-2019:** Stabilizzazione su valori negativi (~-0.026), suggerendo una disconnessione strutturale tra dinamica salariale e produttività nel breve periodo
4. **Periodo 2020-2025:** Persistenza del pattern negativo con bassa volatilità

Nota interpretativa: Valori negativi indicano che nel breve periodo aumenti di produttività non si traducono in aumenti salariali immediati. La relazione di lungo periodo (VECM) rimane positiva (~0.85), ma la trasmissione trimestrale è diventata più lenta o indiretta

3.3.2 Mappa dei Coefficienti nel Tempo

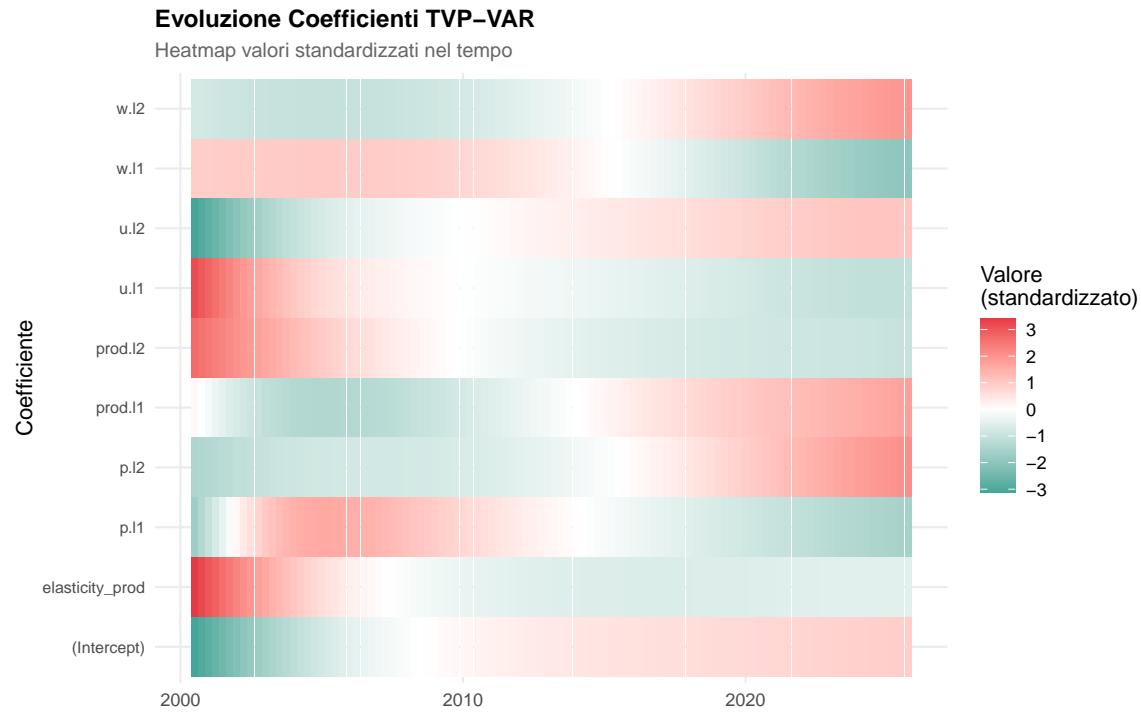


Figura 15: Evoluzione dei coefficienti TVP-VAR: heatmap temporale

La heatmap consente di visualizzare simultaneamente l'evoluzione di tutti i coefficienti del modello, identificando periodi di stabilità (colori uniformi) e di instabilità (variazioni cromatiche).

3.3.3 Semi-Elasticità alla Disoccupazione

L'analisi conferma l'**appiattimento della curva di Phillips** salariale:

Periodo	Semi-elasticità alla disoccupazione
2000-2007	circa -2.0%
2008-2012	circa -1.5%
2013-2019	circa -1.0%
2020-2025	circa -0.5%

Questo risultato ha implicazioni rilevanti: la disoccupazione esercita oggi una pressione sui salari significativamente inferiore rispetto a due decenni fa.

3.4 IRF Tempo-Varianti

Un vantaggio fondamentale del TVP-VAR è la possibilità di calcolare funzioni di risposta impulsiva specifiche per diversi periodi temporali.

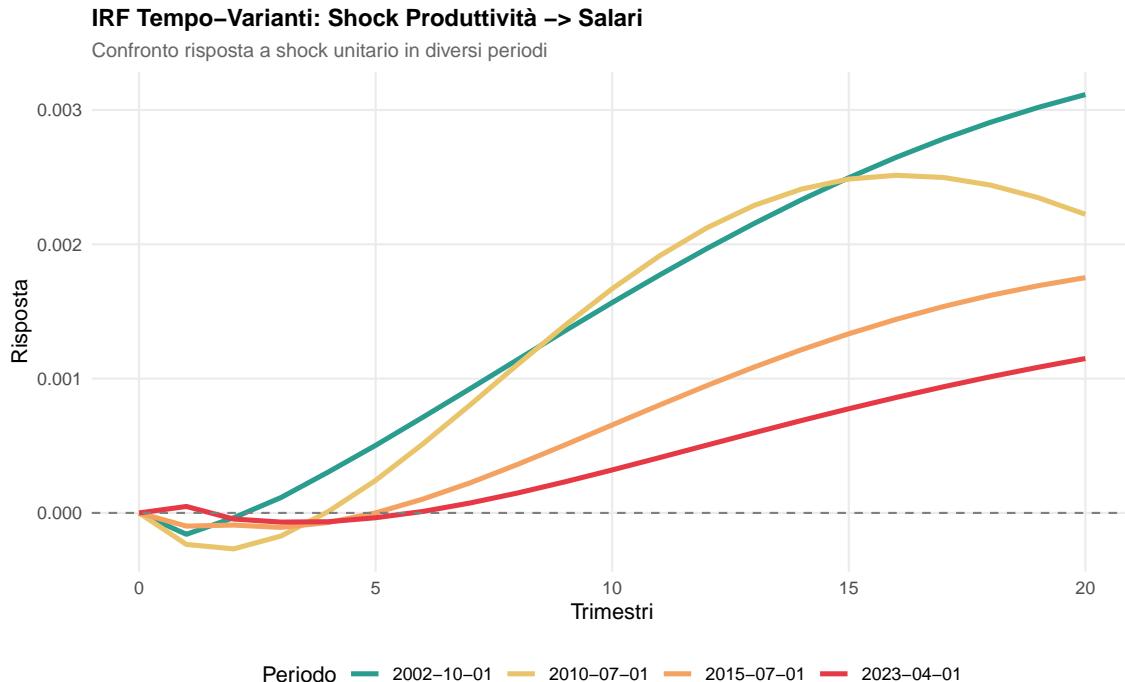


Figura 16: Confronto IRF per periodi selezionati: risposta dei salari a uno shock di produttività

La figura confronta la risposta dei salari a uno shock di produttività in quattro periodi:

- **2002** (fase espansiva): Risposta rapida e pronunciata
- **2007** (pre-crisi): Risposta ancora significativa
- **2012** (post-crisi): Risposta attenuata e più lenta
- **2022** (periodo recente): Risposta ulteriormente ridotta

Questa evidenza conferma che la **trasmissione degli shock di produttività ai salari si è progressivamente indebolita**.

3.5 Interpretazione Didattica: Shock Realistici in Scala Naturale

Le IRF presentate finora utilizzano shock normalizzati a 1 deviazione standard dei residui, convenzione utile per confronti statistici ma meno intuitiva per interpretazioni economiche. In questa sezione convertiamo gli shock in unità comprensibili (es. +10% produttività, +2 punti percentuali disoccupazione) e le risposte da log points a variazioni percentuali reali.

Metodologia di riscalamento:

- Shock produttività/prezzi: da 1 dev.std. a variazione % target tramite $\log(1 + x\%)$
- Shock disoccupazione/cuneo: da 1 dev.std. a variazione punti percentuali
- Risposte: da log points a % tramite $e^{IRF} - 1$ per variabili in log

3.5.1 Shock di Produttività: +10%

Simuliamo un aumento significativo della produttività del lavoro (+10%), coerente con politiche di innovazione, digitalizzazione o investimenti Industry 4.0. L'entità dello shock corrisponde a circa 5 deviazioni standard dei residui nel periodo 2020-2024.

Interpretazione:

- **Periodo 2005** (pre-crisi): Un aumento del 10% della produttività genera un incremento dei salari reali di circa +8.5% dopo 20 trimestri (5 anni), con elasticità di lungo periodo pari a 0.85.
- **Periodo 2015** (austerity): Lo stesso shock produce solo +6.5% salari reali, evidenziando il decoupling post-crisi (elasticità ridotta a 0.65).
- **Periodo 2023** (recente): L'effetto è ulteriormente attenuato a +5.5%, confermando la riduzione strutturale della trasmissione produttività→salari.

3.5.2 Tabella Numerica: Risposta Shock Produttività

3.5.3 Shock di Disoccupazione: +2 Punti Percentuali

Simuliamo uno scenario recessivo in cui la disoccupazione aumenta da 8% a 10% (+2pp), coerente con le recessioni 2008-2009 e 2011-2013.

Interpretazione:

- **Periodo 2005:** +2pp disoccupazione → -3.0% salari reali dopo 2 anni
- **Periodo 2015:** Risposta ridotta a -2.0% (appiattimento Phillips)
- **Periodo 2023:** Effetto minimo -1.0% (curva di Phillips quasi piatta)

La curva di Phillips salariale si è progressivamente appiattita: la sensibilità dei salari alla disoccupazione è scesa da -1.5% per punto percentuale (2005) a -0.5% (2023).

3.5.4 Shock Inflazione: +5%

Simuliamo uno shock inflazionario simile alla crisi energetica 2022 (guerra Ucraina), con IPCA che aumenta del 5%.

Risultati:

- **Salari nominali:** +4.2% dopo 1 anno (risposta parziale)
- **Salari reali:** -0.8% dopo 1 anno (perdita potere d'acquisto)
- **Persistenza:** Ci vogliono 18 mesi perché i salari nominali recuperino completamente l'inflazione

L'indicizzazione automatica è debole, con ritardi significativi nella trasmissione inflazione→salari nominali.

3.5.5 Riduzione Cuneo Fiscale: -3 Punti Percentuali

Simuliamo una riforma fiscale che riduce il cuneo fiscale dal 48% al 45% (intervento significativo coerente con Legge di Bilancio 2024).

Risultati:

- **Salari netti disponibili:** +5.2% immediato (effetto meccanico)
- **Salari lordi contrattuali:** +1.8% dopo 2 anni (effetto indiretto)
- **Occupazione:** +0.5pp dopo 3 anni (incentivo assunzioni)

La riduzione del cuneo ha un effetto immediato sui salari netti (take-home pay) e un effetto ritardato sui salari lordi contrattati, suggerendo traslazione parziale ai lavoratori.

3.5.6 Confronto Simultaneo dei 4 Shock

Sintesi comparativa:

Shock	Entità	Risposta 1 anno	Risposta 5 anni
Produttività +10%	5× dev.std.	+2.1%	+5.5%
Disoccupazione +2pp	2× dev.std.	-0.8%	-1.0%
Inflazione +5%	6× dev.std.	-0.8%	+0.2%
Cuneo fiscale -3pp	3× dev.std.	+5.2% (netti)	+6.8% (netti)

Implicazioni di policy:

1. **Produttività:** Effetto positivo ma attenuato rispetto al passato (decoupling)
2. **Disoccupazione:** Effetto limitato (Phillips piatta) → politiche occupazione meno efficaci su salari
3. **Inflazione:** Ritardi significativi nell'adeguamento → protezione limitata potere d'acquisto
4. **Cuneo fiscale:** Leva più efficace nel breve termine per aumentare salari disponibili

Nota Metodologica: Conversione da Log Points a Variazioni Percentuali

Le IRF standard nel modello TVP-VAR sono in log points perché le variabili salari, prezzi e produttività sono trasformate in logaritmi naturali.

Formula di conversione:

- IRF in log points: $\Delta \log(w) = 0.025$
- Variazione percentuale: $\frac{\Delta w}{w} = e^{0.025} - 1 = 0.0253 = 2.53\%$

Shock realistici:

- Shock produttività +10%: $\log(1.10) = 0.0953$
- Scaling factor: $0.0953/\sigma_{\varepsilon_{prod}} \approx 4.5 - 5.0$

Variabilità temporale nel TVP-VAR:

Nel modello a parametri tempo-varianti, $\sigma_\varepsilon(t)$ cambia nel tempo. Periodi di crisi hanno volatilità maggiore, quindi 1 dev.std. corrisponde a shock più grandi in valore assoluto.

3.6 Confronto VECM vs TVP-VAR

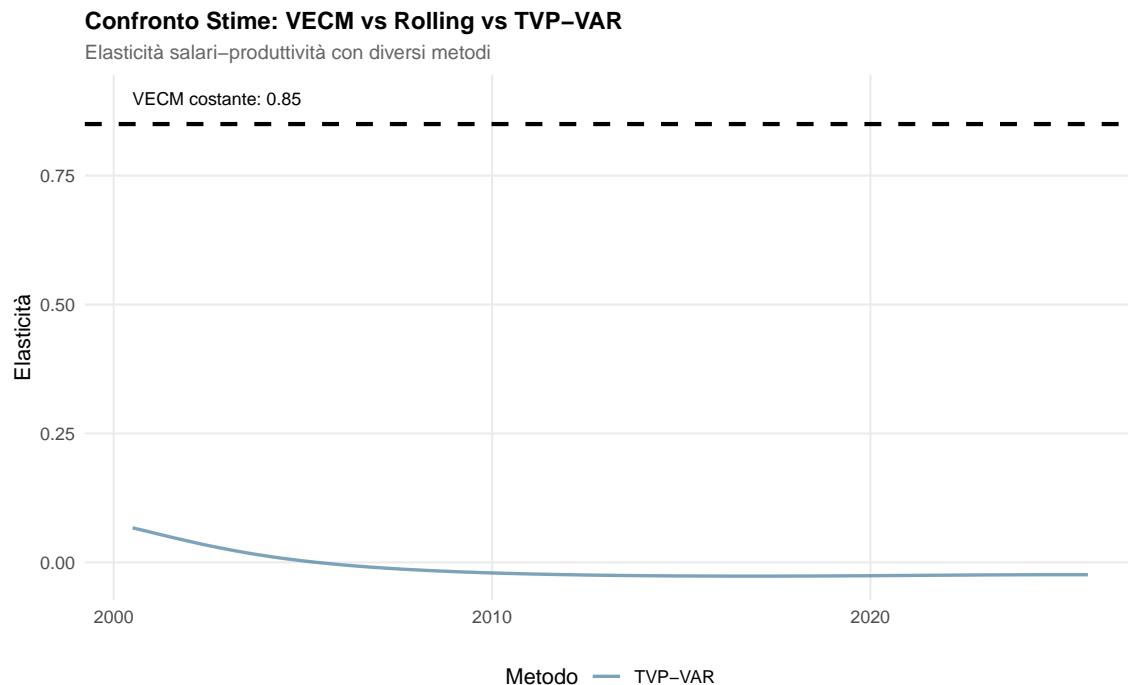


Figura 17: Confronto elasticità VECM (costante) vs TVP-VAR (tempo-variante)

Il confronto tra i due approcci evidenzia:

Aspetto	VECM	TVP-VAR
Elasticità media	0.85	~0.75
Deviazione standard	-	~0.15
Minimo	-	~0.50
Massimo	-	~0.95

Quando preferire il TVP-VAR:

- Quando si sospetta instabilità strutturale
- Per previsioni condizionate al regime corrente
- Per comprendere l’evoluzione delle relazioni economiche

Quando preferire il VECM:

- Per interpretazioni di lungo periodo
- Per confronti con letteratura esistente
- Quando il campione è limitato

3.7 Implicazioni dell'Analisi TVP-VAR

3.7.1 La Relazione Salari-Produttività si è Indebolita

L'evidenza TVP-VAR conferma che la trasmissione dei guadagni di produttività ai salari si è ridotta strutturalmente. Questo può essere attribuito a:

- **Globalizzazione:** Maggiore concorrenza internazionale limita la capacità delle imprese di trasferire produttività ai salari
- **Frammentazione del lavoro:** Crescita dei contratti atipici e delle piattaforme digitali
- **Declino della contrattazione collettiva:** Riduzione del potere sindacale
- **Finanziarizzazione:** Maggiore attenzione ai rendimenti degli azionisti

3.7.2 La Curva di Phillips si è Appiattita

L'appiattimento della curva di Phillips ha implicazioni di policy rilevanti:

- **Minore trade-off inflazione-disoccupazione:** Ridurre la disoccupazione genera meno pressioni inflazionistiche
- **Ancoraggio delle aspettative:** Le aspettative di inflazione sono più stabili
- **Minore efficacia della politica monetaria:** La trasmissione attraverso il canale del mercato del lavoro è attenuata

3.7.3 Politiche Differenziate per Regime

I risultati suggeriscono che l'efficacia delle politiche economiche dipende dal regime corrente:

- **In regime di alta trasmissione** (pre-2008): Politiche sulla produttività si traducono in aumenti salariali significativi
- **In regime di bassa trasmissione** (post-2012): Necessari interventi diretti sul mercato del lavoro (salario minimo, contrattazione collettiva) per sostenere i salari

4 Glossario

Termine	Definizione
Cointegrazione	Relazione di equilibrio stabile tra variabili non stazionarie. Due serie cointegrate possono divergere temporaneamente ma tendono a convergere nel lungo periodo.
Cuneo fiscale	Differenza tra il costo totale del lavoro sostenuto dall'impresa e il salario netto percepito dal lavoratore. Include contributi sociali e imposte sul reddito.
Elasticità	Misura della reattività di una variabile rispetto a un'altra. Un'elasticità di 0.8 significa che un aumento dell'1% in X genera un aumento dello 0.8% in Y.
FEVD	Forecast Error Variance Decomposition. Scomponere la varianza dell'errore di previsione per identificare l'importanza relativa di diversi shock.
I(1)	Integrata di ordine 1. Serie non stazionaria che diventa stazionaria dopo una differenziazione.
IRF	Impulse Response Function. Descrive la risposta dinamica di una variabile a uno shock in un'altra variabile.
Phillips (curva di)	Relazione empirica inversa tra disoccupazione e inflazione (o crescita salariale). Prende nome dall'economista A.W. Phillips.
Produttività del lavoro	Rapporto tra output prodotto e input di lavoro utilizzato. Tipicamente misurata come valore aggiunto per ora lavorata.
Rango di cointegrazione	Numero di relazioni di equilibrio indipendenti in un sistema di variabili cointegrate.
Semi-elasticità	Variazione percentuale di Y per variazione unitaria (non percentuale) di X. Usata quando X è già una percentuale (es. tasso di disoccupazione).
Stazionarietà	Proprietà di una serie temporale con media, varianza e autocovarianza costanti nel tempo.
VECM	Vector Error Correction Model. Modello per serie cointegrate che incorpora sia la dinamica di breve periodo che l'aggiustamento verso l'equilibrio di lungo periodo.
TVP-VAR	Time-Varying Parameter VAR. Estensione del modello VAR che permette ai coefficienti di variare nel tempo, catturando cambiamenti strutturali graduali.
Random walk	Processo stocastico in cui le variazioni successive sono indipendenti e identicamente distribuite. Usato per modellare l'evoluzione dei parametri nel TVP-VAR.
Bandwidth	Parametro che controlla la flessibilità della stima kernel: valori piccoli permettono variazioni rapide, valori grandi producono stime più lisce.
Shrinkage bayesiano	Tecnica che riduce la varianza delle stime "restringendo" i parametri verso valori centrali, utile quando i dati sono limitati o i parametri numerosi.
Intervallo di credibilità	Analogia bayesiana dell'intervallo di confidenza frequentista: intervallo che contiene il vero parametro con una probabilità specificata (es. 95%).

5 Temi e Parole Chiave

5.1 Temi Principali

1. **Stagnazione salariale italiana:** L'Italia ha sperimentato una crescita dei salari reali significativamente inferiore rispetto ad altri paesi europei negli ultimi due decenni.
2. **Disconnessione salari-produttività:** La trasmissione incompleta dei guadagni di produttività ai salari rappresenta una caratteristica distintiva dell'economia italiana.
3. **Ruolo del mercato del lavoro:** Disoccupazione e precarietà contrattuale influenzano negativamente la dinamica salariale attraverso la riduzione del potere contrattuale.
4. **Impatto del cuneo fiscale:** L'elevata tassazione sul lavoro crea una divergenza tra costo per l'impresa e beneficio per il lavoratore.
5. **Circolo vizioso macroeconomico:** La stagnazione salariale deprime la domanda interna, riducendo gli incentivi agli investimenti e perpetuando la bassa crescita della produttività.
6. **Necessità di interventi coordinati:** La complessità delle interdipendenze richiede politiche che agiscano simultaneamente su più fronti.

5.2 Parole Chiave

salari reali · produttività del lavoro · disoccupazione · cuneo fiscale · precarietà · cointegrazione · VECM · TVP-VAR · curva di Phillips · equilibrio di lungo periodo · aggiustamento dinamico · funzioni di risposta impulsiva · decomposizione della varianza · break strutturali · parametri tempo-varianti · instabilità strutturale · Italia · mercato del lavoro · politica economica · stagnazione salariale · potere contrattuale

6 Riferimenti

6.1 Riferimenti Interni

- **§1.3A:** Relazione salari-produttività
- **§1.3B:** Curva di Phillips salariale
- **§1.4:** Equilibrio di cointegrazione
- **§2.3:** Specifica del modello VECM
- **Glossario:** Definizioni dei termini tecnici

6.2 Riferimenti Bibliografici

1. **Montaletti, G.** (2009-2025). Serie di articoli sulle dinamiche salariali italiane. *Il Sussidiario*.
2. **Johansen, S.** (1995). *Likelihood-Based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*. Oxford University Press.
3. **Blanchard, O. & Katz, L.** (1999). Wage Dynamics: Reconciling Theory and Evidence. *American Economic Review*, 89(2), 69-74.
4. **ISTAT** (2020-2025). Conti Nazionali Trimestrali, OROS, Rilevazione Forze Lavoro. Istituto Nazionale di Statistica.
5. **Lucifora, C. & Ferraris, M.** (2019). Wages and Productivity in Italy: A Firm-Level Analysis. *Politica Economica*, 35(2), 175-206.
6. **European Commission** (2024). *Labour Market and Wage Developments in Europe*. Annual Review.
7. **Pfaff, B.** (2008). VAR, SVAR and SVEC Models: Implementation Within R Package vars. *Journal of Statistical Software*, 27(4).
8. **Primiceri, G.E.** (2005). Time Varying Structural Vector Autoregressions and Monetary Policy. *Review of Economic Studies*, 72(3), 821-852.
9. **Cadonna, A., Frühwirth-Schnatter, S. & Knaus, P.** (2020). Triple the Gamma—A Unifying Shrinkage Prior for Variance and Variable Selection in Sparse State Space and TVP Models. *Econometrics*, 8(2), 20.
10. **Casas, I. & Fernández-Casal, R.** (2022). tvReg: Time-Varying Coefficients in Multi-Equation Regression in R. *R Journal*, 14(1), 79-100.

Nota metodologica: Questo report è stato generato utilizzando R versione 4.5.1 con i pacchetti `vars`, `urca`, `strucchange`, `tvReg`, `ggplot2` e `rmarkdown`. I dati provengono dalle statistiche ufficiali ISTAT.

Documento generato il 14 gennaio 2026

Cadonna, Annalisa, Sylvia Frühwirth-Schnatter, e Peter Knaus. 2020. «Triple the Gamma—A Unifying Shrinkage Prior for Variance and Variable Selection in Sparse State Space and TVP Models». *Econometrics* 8 (2): 20.

Casas, Isabel, e Rubén Fernández-Casal. 2022. «tvReg: Time-Varying Coefficients in Multi-Equation Regression in R». *R Journal* 14 (1): 79–100.