



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DEL SANNIO Benevento
DEMM
DIPARTIMENTO DI DIRITTO, ECONOMIA,
MANAGEMENT E METODI QUANTITATIVI



SISTAN
SISTEMA STATISTICO
NAZIONALE



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DEL SANNIO

DIPARTIMENTO DIRITTO, ECONOMIA, MANAGEMENT E METODI QUANTITATIVI

NUCLEO REGIONALE CONTI PUBBLICI TERRITORIALI

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla
formazione e l'accumulazione di capitale umano.
*Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

SSD/Settore

ECON-01/A – Economia politica

C.U.P. B65E24000030002

Assegnista

Biele Orlando, Ph.D.

Responsabile Scientifico

Prof. Domenico Scalera

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

Abstract

Il presente studio esamina l'effetto della spesa pubblica nell'istruzione (scolastica ed universitaria) e nei servizi educativi – in particolare quelli per la prima infanzia – sulla formazione e sull'accumulazione di capitale umano, conducendo un'analisi comparativa tra regioni italiane basata sui dati dei Conti Pubblici Territoriali (CPT).

Preliminarmente, viene presentata una rassegna della letteratura che evidenzia da un lato l'importanza dell'efficienza della spesa pubblica in istruzione ed il ruolo centrale del capitale umano per la crescita economica, dall'altro gli effetti dei servizi socio-educativi (come gli asili nido) sullo sviluppo cognitivo dei bambini e sull'occupazione femminile.

Successivamente, l'efficienza tecnica è stata valutata attraverso un approccio di frontiera multiplo (*Stochastic Frontier Analysis con True Fixed Effects* e DEA con la metodologia Simar&Wilson). I risultati indicano un'elasticità stimata significativamente superiore all'unità tra la spesa pro capite e gli output educativi regionali (punteggi INVALSI medi, quota di laureati), segno di rendimenti positivi della spesa.

Tuttavia, emergono ampie differenze territoriali di efficienza: fattori strutturali come la qualità istituzionale ed il capitale umano risultano driver robusti di minore inefficienza tecnica, mentre il mero livello di spesa mostra un pattern instabile, suggerendo possibili allocazioni compensative. Le analisi di robustezza confermano che parte dei divari regionali di performance educativa è spiegata dal contesto socio-istituzionale, mentre residui gap di inefficienza indicano margini di miglioramento nella governance locale. In sintesi, l'evidenza fornisce indicazioni operative per orientare le politiche di finanziamento territoriale verso interventi mirati su istituzioni e capacità locali, più che su incrementi uniformi di spesa, attraverso l'ottimizzazione dell'allocazione delle risorse educative, la riduzione di divari territoriali e la promozione di uno sviluppo socio-economico equilibrato e inclusivo.

Keywords

Efficienza tecnica; spesa pubblica in istruzione; conti pubblici territoriali; capitale umano; qualità istituzionale; analisi di frontiera (SFA/DEA); divari territoriali; finanza pubblica territoriale.

JEL Classification

I28 – Education: Government Policy. H52 – Government Expenditures and Education. D24 – Production; Cost; Productivity; Efficiency. H75 – State and Local Government: Health, Education, Welfare, Public Pensions. J24 – Human Capital; Skills; Occupational Choice; Labor Productivity.

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

Sommario

1. Introduzione	3
1.1. Contributi del lavoro.....	3
1.2. Identificazione empirica e validità dei risultati	4
1.3. Overview dei risultati principali	5
1.4. Implicazioni istituzionali e di politica pubblica.	7
1.5. Struttura del lavoro	9
2. Quadro teorico e revisione della letteratura	10
2.1. Obiettivi e domande di ricerca.....	10
2.2. Efficienza della spesa pubblica in istruzione e capitale umano.....	11
2.3. Servizi per la prima infanzia, capitale umano e partecipazione femminile al lavoro....	14
3. Descrizione del dataset.....	18
4. Analisi descrittive.....	21
4.1 Andamento delle principali variabili	21
4.2. Focus settori 5 e 11 dei CPT.....	34
4.3. Analisi preliminari con modelli di regressione lineare multipla.....	42
4.4. Un esercizio di selezione delle variabili rilevanti con modello bayesselect.....	49
5. La valutazione dell'efficienza della spesa in istruzione e servizi educativi.....	71
5.1. Approcci metodologici per la valutazione dell'efficienza	71
5.2. Presentazione degli input, degli output e delle variabili di contesto	74
5.3 Efficienza tecnica e capitale umano: risultati TFA.....	76
5.4. Efficienza tecnica e capitale umano: risultati DEA two-stage.....	85
6. Conclusioni.....	97
7. Prospettive future	101
Allegati	107
Bibliografia.....	108

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

1. Introduzione

Le disparità territoriali nei risultati educativi e nell'accumulazione di capitale umano sono al centro del dibattito economico e della politica pubblica in Italia. Nonostante livelli comparabili di spesa pro capite, le regioni italiane mostrano differenze marcate sia nelle competenze medie degli studenti (misurate, i.e., dai punteggi INVALSI) sia nei tassi di prosecuzione agli studi universitari. Questo divario solleva interrogativi sull'efficienza con cui le risorse finanziarie vengono utilizzate nei diversi contesti regionali. La letteratura economica ha evidenziato che maggiori investimenti in istruzione producono effetti positivi significativi solo se accompagnati da misure che ne assicurino un impiego efficace ed equo. In Italia, tuttavia, pochi studi interregionali hanno valutato in modo comparativo l'efficienza della spesa educativa tenendo conto dei vincoli istituzionali e socio-economici locali. Si delinea quindi un gap conoscitivo riguardo ai fattori che favoriscono o limitano l'efficacia della spesa pubblica in istruzione nelle diverse aree del Paese.

1.1. Contributi del lavoro

Il presente studio intende colmare questo gap con una serie di contributi originali al filone di economia applicata sull'istruzione e la finanza pubblica territoriale, nel prosieguo dettagliati sinteticamente.

-1- Valutazione integrata dell'efficienza. È stata applicato un modello parametrico di frontiera stocastica, congiuntamente, ad un'analisi non parametrica DEA bi-stadio per ottenere un quadro completo dell'efficienza della spesa educativa, sia totale che limitatamente all'istruzione universitaria. Questa doppia prospettiva metodologica ha consentito di validare i risultati attraverso approcci diversi, aumentando la robustezza delle inferenze.

-2- Analisi multi-output dei risultati educativi. Sono stati considerati due output complementari del processo educativo – la performance negli apprendimenti (in termini di punteggio medio nei test INVALSI) ed il tasso di laureati – per investigare possibili trade-off tra risultati immediati e di lungo termine. Ciò rappresenta un approccio multi-output innovativo in ambito interregionale, che riflette la duplice missione del sistema educativo: migliorare le competenze di base e promuovere l'accesso all'istruzione terziaria.

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

-3- Evidenza empirica sui driver di efficienza. Utilizzando i dati dei Conti Pubblici Territoriali (CPT, 2012-2021), integrati con indicatori istituzionali e socio-demografici, sono state stimate le determinanti delle inefficienze regionali. Mostrando come la qualità delle istituzioni regionali e lo stock di capitale umano disponibile emergono come determinanti chiave e stabili dell'efficienza tecnica, più influenti del solo ammontare di risorse stanziare e spese.

-4- Implicazioni per la finanza pubblica territoriale. I risultati offrono indicazioni concrete per le politiche di finanziamento dell'istruzione a livello regionale. In particolare, criteri di allocazione basati su indicatori di performance aggiustati per il contesto possono orientare le risorse dove esistono reali margini di miglioramento gestionale, evitando una lettura fuorviante di semplici ranking grezzi di efficienza. Inoltre, si evidenzia l'importanza di investimenti "qualitativi" (in capitale istituzionale e competenze) rispetto a meri incrementi di spesa, al fine di ridurre i divari territoriali in modo concreto e sostenibile.

1.2. Identificazione empirica e validità dei risultati

La strategia empirica adottata combina metodologie differenti per identificare in modo credibile i fattori associati all'efficienza della spesa educativa, mitigando possibili bias da eterogeneità non osservata e da endogeneità nell'allocazione delle risorse. In primo luogo, l'analisi parametrica effettuata con il modello di frontiera stocastica "True Fixed Effects" (TFE) su dati panel consente di separare l'inefficienza tecnica dalle differenze strutturali persistenti tra regioni. In tal modo, eventuali peculiarità istituzionali o socio-demografiche *time-invariant* (i.e. fattori culturali, normative regionali) non vengono erroneamente attribuite ad inefficienza, assicurando un'identificazione più accurata dell'effetto degli input sulla produzione di output educativi. In secondo luogo, per valutare l'influenza dei fattori esogeni sull'inefficienza stimata, è stato specificato un modello per la componente inefficiente u_{it} in funzione di covariate ambientali (contesto economico, istituzionale, dotazione di servizi). Parallelamente, l'approccio non parametrico DEA con procedimento in due stadi (Simar&Wilson) fornisce un ulteriore test di validità: sono state stimate le efficienze tecniche con DEA (orientamento output, rendimenti variabili di scala) ed è stata utilizzata una regressione troncata *bootstrap* per collegarle ai fattori di contesto, ottenendo inferenze statistiche robuste. Questo metodo evita le distorsioni derivanti dalla distribuzione non standard dei punteggi DEA, scongiurando conclusioni spurie. L'uso congiunto di SFA e DEA, raramente applicato in studi regionali italiani, rappresenta dunque un punto di forza

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

dell'identificazione: i due approcci forniscono risultati convergenti su molti aspetti e fungono da verifica reciproca. Eventuali differenze nei coefficienti (i.e. sull'impatto dell'affollamento delle classi) sono state valutate per isolare possibili effetti di specificazione o endogeneità. Infine, test di robustezza aggiuntivi includono sia l'uso alternativo di output e specifiche sia dummy territoriali (macro-area, statuto speciale) per cogliere effetti fissi non osservati residui. Nel complesso, l'identificazione poggia su ipotesi trasparenti e su di un disegno empirico che massimizza l'utilizzo informativo dei dati panel, riducendo i principali rischi di invalidità interna (omissione di variabili rilevanti, simultaneità tra spesa e outcome) e garantendo una lettura causale cauta ma fondata dei coefficienti stimati.

1.3. Overview dei risultati principali

I risultati dell'analisi mostrano innanzitutto una generale inefficienza tecnica nella trasformazione della spesa educativa in outcome di apprendimento e di prosecuzione degli studi in istruzione terziaria, con ampi margini di miglioramento in alcune regioni. Dal modello SFA-TFE emerge che un aumento della spesa pro capite per istruzione ha un effetto significativamente positivo sui punteggi medi INVALSI: il coefficiente elastico della spesa è stimato intorno a 1,45–1,5 ed è altamente significativo. Ciò implica che un +10% di spesa è associato a circa +14–15% nei punteggi medi, segnalando rendimenti elevati degli investimenti scolastici nelle regioni (pur con possibili componenti di *catch-up* nelle aree inizialmente più arretrate). Analogamente, sul fronte dell'istruzione terziaria, la spesa universitaria pro capite mostra un'elasticità positiva rispetto alla quota di laureati 19–25 anni: ca. 1,5 nelle specifiche di base. Tuttavia, quando si controlla per molteplici fattori di contesto, tale elasticità si riduce drasticamente, indicando forti eterogeneità regionali nei rendimenti della spesa universitaria. In sintesi, maggior spesa può favorire sia migliori apprendimenti sia una maggiore partecipazione universitaria, ma l'efficacia di tale spesa varia notevolmente a seconda del contesto in cui è impiegata.

Un secondo gruppo di risultati riguarda i determinanti dell'inefficienza tecnica. Dalle stime econometriche risulta che due fattori strutturali – la qualità istituzionale locale ed il capitale umano pregresso degli adulti – sono associati a una riduzione significativa dell'inefficienza tecnica in istruzione. L'Indice di Qualità Istituzionale (IQI) mostra un coefficiente negativo e altamente significativo in tutti i modelli DEA two-stage stimati: regioni con amministrazioni più efficaci e minori frizioni burocratiche risultano più vicine alla frontiera efficiente, a parità

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

di altre condizioni. Analogamente, il tasso di istruzione degli adulti (EDU) – proxy di capitale umano nella popolazione – ha un impatto negativo robusto sull'inefficienza. Ciò suggerisce che comunità locali con maggior stock di competenze (i.e. istruzione media più alta fra i genitori) offrono un ecosistema favorevole ai risultati educativi (maggiore supporto familiare, domanda educativa più qualificata), migliorando l'efficienza con cui le scuole e università trasformano la spesa in esiti. Questi due driver strutturali (istituzioni e capitale umano) emergono con coerenza sia nell'approccio parametrico sia in quello non parametrico, confermandone il ruolo cruciale. Ad esempio, una variazione di +0,1 nell'indice IQI è associata a una diminuzione di circa 0,06 dell'indicatore di inefficienza regionale nella formazione di laureati, evidenziando un beneficio tangibile di contesti istituzionali migliori. All'opposto, l'indice di povertà familiare (POVE) di per sé non risulta un predittore significativo dell'inefficienza, dopo aver controllato gli altri fattori. Ciò non implica che il disagio economico sia irrilevante per gli outcome educativi, ma piuttosto che il suo effetto è mediato e assorbito da altri indicatori strutturali (i.e. capitale umano, qualità istituzionale) con cui è fortemente correlato.

Per quanto riguarda le variabili legate alla struttura del servizio educativo, l'analisi fornisce indicazioni interessanti. Il rapporto studenti/docenti (STUD) – qui misurato come numero medio di studenti per classe – presenta effetti opposti nei due approcci: nel modello SFA TFE è associato a coefficiente negativo (maggiore affollamento riduce l'inefficienza), mentre nel modello DEA *two-stage* mostra un coefficiente positivo nelle specifiche principali (maggiore affollamento aumenta l'inefficienza). Questa discrepanza suggerisce cautela interpretativa: da un lato, la significatività nel modello non parametrico indica che classi più sovraffollate tendono in media a peggiorare l'efficienza (probabilmente per effetti negativi sulla didattica); dall'altro, l'instabilità di tale coefficiente in alcune specifiche e il segno invertito nel modello parametrico suggeriscono che l'effetto possa dipendere da altri fattori non osservati (i.e. migliori pratiche gestionali in regioni con classi più grandi) o da specifiche diverse dell'analisi. In definitiva, l'impatto dell'affollamento classi sull'efficienza rimane un risultato non robusto, da approfondire con ulteriori dati, distinguendo ordini di scuola o caratteristiche degli insegnanti.

Un ulteriore risultato riguarda il trade-off tra risultati scolastici immediati e risultati di prosecuzione. Le evidenze suggeriscono che le regioni forti in termini di apprendimenti medi non sono necessariamente quelle più efficienti nel convertire spesa in alti tassi di laureati. In effetti,

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

nell'analisi SFA sulla quota di laureati, il punteggio INVALSI medio (incluso come covariata di inefficienza) mostra un coefficiente positivo e significativo. Ciò implica che, a parità di altre condizioni, regioni con performance scolastiche migliori tendono paradossalmente ad essere meno efficienti nel portare gli studenti al conseguimento della laurea. Questo risultato contro-intuitivo è coerente con l'ipotesi di un trade-off: focalizzarsi sull'eccellenza negli apprendimenti di base potrebbe assorbire risorse e attenzione a scapito dell'orientamento verso l'università, oppure indicare che modelli educativi altamente selettivi producono ottimi punteggi medi ma scoraggiano parte degli studenti dal proseguire gli studi. Tale evidenza supporta l'approccio multi-output adottato, sottolineando la necessità di bilanciare obiettivi di breve e lungo termine nel valutare l'efficacia della spesa educativa.

1.4. Implicazioni istituzionali e di politica pubblica.

I risultati ottenuti offrono spunti rilevanti per la gestione della finanza pubblica territoriale nel settore educativo. Anzitutto, non è la quantità di spesa in sé a garantire migliori risultati, quanto piuttosto le condizioni in cui la spesa viene impiegata. La combinazione di istituzioni efficaci, capitale umano elevato e buone pratiche organizzative emerge come il fattore abilitante di una spesa efficiente. Pertanto, politiche che mirano a ridurre i divari educativi regionali dovrebbero prioritariamente investire nel rafforzamento della capacità amministrativa locale (semplificazione burocratica, lotta alla cattiva gestione) e nel miglioramento del contesto socio-educativo (programmi per innalzare le competenze di base della popolazione, coinvolgimento delle famiglie, sostegno alle categorie svantaggiate). Interventi quali la formazione manageriale dei dirigenti scolastici, l'adozione di sistemi di valutazione e accountability delle scuole, e la diffusione di best practice didattiche possono incrementare l'efficienza nell'uso delle risorse già allocate. Sul piano del finanziamento centrale, i risultati suggeriscono di superare approcci uniformi o puramente storici nell'assegnazione dei fondi alle regioni. In un'ottica di equità verticale, i criteri di riparto dovrebbero tenere conto dei differenziali di fabbisogno e di performance: ciò significa premiare i territori che, dato un contesto difficile, riescono a ottenere buoni risultati (efficienza condizionata) e, al contempo, supportare maggiormente quelli con carenze strutturali documentate (basso capitale umano, bassa qualità istituzionale) prima di colmare le eventuali inefficienze di gestione. Uno strumento utile in tal senso potrebbe essere l'introduzione di benchmark di efficienza aggiustati per il contesto: lo studio mostra come la procedura

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

Simar&Wilson permetta di identificare se l'inefficienza di una regione dipende da fattori esogeni sfavorevoli o da criticità interne di governance. Questo approccio informativo può orientare interventi mirati: se una regione rimane inefficiente anche dopo aver considerato il contesto, allora vi è evidenza di problemi allocativi/organizzativi specifici che richiedono attenzione (i.e. programmazione dell'offerta formativa, dispersione di risorse, qualità della spesa). Viceversa, se un divario di performance è spiegato principalmente da svantaggi di contesto, le politiche dovrebbero concentrarsi nel rimuovere quei vincoli strutturali ovvero, migliorare le infrastrutture scolastiche e potenziare i servizi per l'infanzia, tenendo presenti anche gli standard qualitativi. In definitiva, l'implicazione centrale per la finanza pubblica territoriale è che l'allocazione efficiente delle risorse educative deve avvenire in maniera selettiva e condizionata: non tanto più spesa indistinta, quanto migliore spesa calata nei contesti, accompagnata da riforme istituzionali locali volte a innalzare l'efficacia del servizio educativo.

Infine, i risultati presentano rilevanza anche sul piano manageriale per le amministrazioni regionali e locali. La presenza di residui di inefficienza tecnica non spiegati dal contesto in alcune aree (in particolare nel Mezzogiorno per gli esiti scolastici) indica che esistono margini di miglioramento gestionale all'interno del sistema educativo regionale. Ciò può richiedere una migliore programmazione delle risorse (razionalizzazione della rete scolastica, ottimizzazione del rapporto studenti/docenti dove eccessivamente basso), interventi sulla qualità della spesa (monitoraggio e valutazione di come i fondi vengono utilizzati dalle scuole e dagli atenei), ed una maggiore capacità amministrativa nell'intercettare e implementare programmi nazionali ed europei in ambito istruzione. D'altro canto, il fatto che per l'istruzione terziaria, controllando gli indicatori strutturali, non emergano differenze significative di efficienza tra macro-aree indica che le regioni del Sud, a fronte di condizioni spesso più sfavorevoli, riescono a utilizzare in modo relativamente efficiente le risorse universitarie. Questo risultato incoraggiante suggerisce che, quando il contesto migliora (si pensi ai progressi in digitalizzazione, trasparenza amministrativa, reti tra atenei e territori), anche le regioni tradizionalmente meno avanzate possono chiudere il gap senza necessità di spese straordinarie. In sintesi, le implicazioni manageriali indicano che ogni territorio dovrebbe perseguire una strategia duale: da un lato potenziare i fattori di contesto su cui ha margine (i.e. investire in capitale umano locale, attrarre competenze, migliorare la governance); dall'altro, adottare pratiche di gestione efficienti nel sistema

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

educativo (allocazione interna delle risorse basata su evidenze, accountability delle scuole, miglioramento continuo dei processi educativi). Solo combinando queste leve sarà possibile trasformare la maggiore spesa in istruzione in migliore performance educativa, contribuendo alla crescita equilibrata del capitale umano sul territorio nazionale.

1.5. Struttura del lavoro

Il lavoro è strutturato come segue. Dopo aver illustrato obiettivi e domande di ricerca, disaminata la letteratura, si procede con una presentazione del dataset costruito. La sezione 4 descrive i dati e le variabili utilizzate, con particolare attenzione alle misure di spesa educativa e agli indicatori di output e contesto. La sezione 5 illustra la metodologia econometrica in dettaglio, presentando i modelli di frontiera (SFA TFE e DEA *two-stage*) e le relative assunzioni. Nonché presenta i risultati empirici dell'analisi di efficienza: dapprima si discutono le stime di inefficienza tecnica e dei relativi determinanti per gli output scolastici, quindi si esamina il caso degli output universitari, includendo verifiche di robustezza, eterogeneità regionali e test di validità incrociata fra metodi. La sezione 6 conclude riepilogando i principali risultati e delineando sia implicazioni di policy per la finanza pubblica territoriale. Infine, nella sezione 7 si presentano possibili estensioni future del lavoro.

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

2. Quadro teorico e revisione della letteratura

2.1. Obiettivi e domande di ricerca

L'efficienza nella gestione dei servizi educativi e dell'istruzione è un fattore cruciale per lo sviluppo del capitale umano, il quale, a sua volta, risulta essenziale per la crescita economica sostenibile e per il progresso sociale. Tramite l'istruzione, infatti, gli individui acquisiscono competenze cognitive, relazionali e professionali che generano benefici diffusi nell'intera collettività. Investire in istruzione e servizi educativi accresce la competitività dei territori: una popolazione con elevati livelli di istruzione è maggiormente in grado di assorbire ed innovare le nuove tecnologie, promuovere la ricerca scientifica ed aumentare la produttività del lavoro (Becker, 1964; Hanushek & Woessmann, 2008).

Un'attenzione particolare va rivolta alla prima infanzia. Numerosi studi evidenziano che l'accesso ad asili nido e servizi educativi per i bambini da 0 a 3 anni favorisce lo sviluppo cognitivo, sociale ed emotivo dei bambini, facilita l'occupazione femminile e contribuisce a ridurre le disuguaglianze di genere e sociali nelle fasi successive della vita. In Italia, tuttavia, persistono significativi divari territoriali in termini di disponibilità e di qualità di tali servizi (ISTAT, 2021). Queste differenze territoriali incidono sulle opportunità di sviluppo dei bambini e sulla partecipazione delle donne al mercato del lavoro, suggerendo che nelle aree con minore offerta di servizi educativi per l'infanzia vi siano ostacoli sia all'accumulazione di capitale umano sia all'utilizzo pieno del capitale umano femminile. In questo contesto, analizzare l'efficacia e l'efficienza della spesa pubblica in istruzione e servizi educativi diventa fondamentale per individuare strategie capaci di migliorare la formazione di capitale umano e favorire una crescita più inclusiva. Alla luce di queste premesse, il presente studio intende indagare i seguenti interrogativi:

1. Impatto della spesa sull'accumulazione di capitale umano. In che misura la spesa pubblica in istruzione – dalla scuola dell'infanzia fino all'istruzione universitaria – contribuisce alla formazione e all'accumulazione di capitale umano nei diversi territori, migliorandone la competitività economica e il potenziale di crescita?
2. Efficienza comparata dei sistemi educativi regionali. Quali differenze emergono tra le regioni italiane in termini di efficienza nell'uso delle risorse destinate all'istruzione e ai

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

servizi educativi? Quali regioni ottengono i migliori risultati a parità di spesa e quali, invece, presentano margini di miglioramento?

3. Indicazioni di policy per il contesto italiano. Quali strategie di intervento si possono implementare per migliorare l'efficacia della spesa in istruzione e servizi educativi, ridurre le disuguaglianze territoriali e promuovere la crescita economica? In particolare, come garantire tali obiettivi nell'ottica del processo di "autonomia differenziata" in corso, che potrebbe attribuire maggiori competenze alle Regioni in ambito educativo?

Per rispondere a queste domande, il lavoro adotta un approccio comparativo interregionale basato principalmente sui dati dei Conti Pubblici Territoriali (CPT). Nel prosieguo, si presenta dapprima un quadro teorico ed empirico di riferimento (capitale umano, efficienza della spesa educativa, servizi socio-educativi), seguito dalla descrizione dell'impianto metodologico per l'analisi dell'efficienza e delle variabili utilizzate. Successivamente vengono discussi i risultati attesi in base alla teoria economica e alle evidenze esistenti, con particolare riguardo all'accumulazione di capitale umano e all'occupazione femminile. Infine, si propongono alcune implicazioni di policy rilevanti per il caso italiano, tenendo conto anche del dibattito sull'autonomia regionale differenziata attualmente in corso.

A latere, si cercherà di inquadrare anche il ruolo dei servizi per la prima infanzia, indagando come una maggiore disponibilità ed efficienza dei servizi educativi per la prima infanzia possa influire sull'accumulazione di capitale umano e sul tasso di occupazione femminile, operando quale fattore di riduzione del divario di genere nel mercato del lavoro.

2.2. Efficienza della spesa pubblica in istruzione e capitale umano

Il concetto di capitale umano in economia è stato formalizzato da Schultz (1961) e successivamente sviluppato da Becker (1964). Esso si riferisce al complesso di competenze, conoscenze e abilità acquisite dagli individui attraverso l'istruzione, la formazione e l'esperienza, che aumentano la produttività del lavoro. Sul piano microeconomico, Mincer (1974) elaborò uno dei primi modelli empirici per quantificare il rendimento dell'istruzione, mostrando che livelli più elevati di scolarizzazione e maggiore esperienza lavorativa si traducono in salari più alti, evidenziando così il ritorno economico degli investimenti in capitale umano per l'individuo. A livello macroeconomico, i modelli di crescita endogena hanno attribuito al capitale umano un

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

ruolo centrale nello sviluppo economico di lungo periodo: Romer (1986) e Lucas (1988), in particolare, evidenziano che l'accumulazione di conoscenze e competenze genera esternalità positive ed incrementi di produttività che sostengono la crescita economica nel lungo termine. In altri termini, una forza lavoro più istruita non soltanto è più produttiva a livello individuale ma, al contempo, contribuisce ad accrescere la capacità innovativa complessiva e l'efficienza collettiva di un'economia.

Non è però soltanto la quantità di istruzione a determinare gli effetti sul capitale umano, ma anche la sua qualità e la pertinenza rispetto ai bisogni dell'economia. Hanushek (2008) sottolinea che il mero conteggio degli anni di scuola può sovrastimare lo stock di capitale umano se i sistemi educativi non garantiscono l'effettiva acquisizione di competenze solide. Ad esempio, due regioni con tassi di scolarizzazione simili possono presentare livelli di capitale umano molto differenti se, in una di esse, la qualità dell'istruzione impartita è inferiore. Inoltre, con l'evoluzione tecnologica e la globalizzazione, la natura delle competenze richieste dal mercato del lavoro è in costante trasformazione (Acemoglu & Autor, 2011). Negli ultimi decenni si è registrata una crescente domanda di competenze avanzate – in particolare digitali, analitiche e di problem solving – a scapito di mansioni più routinarie e facilmente automatizzabili. Ciò implica che i sistemi educativi debbano necessariamente adattarsi per fornire capitale umano adeguato ai nuovi contesti produttivi (World Economic Forum, 2020). In tale prospettiva diviene cruciale anche la formazione continua lungo tutto l'arco della vita (lifelong learning), affinché i lavoratori possano aggiornare costantemente le proprie competenze e mantenere la competitività nel mercato del lavoro (McKinsey Global Institute, 2018).

Un ulteriore filone teorico rilevante concerne la tempistica ottimale degli investimenti in capitale umano nel corso della vita, in relazione ai rendimenti decrescenti o crescenti di tali investimenti. Heckman (2006; 2013) ha dimostrato che gli investimenti educativi nella primissima infanzia producono i ritorni maggiori, rispetto a interventi effettuati in età più avanzata. Le competenze cognitive, sociali ed emotive acquisite nei primi anni di vita facilitano l'apprendimento successivo e migliorano gli esiti scolastici e lavorativi futuri. Questo risultato supporta l'importanza di concentrare risorse e attenzione sulle fasi iniziali del processo formativo per massimizzarne l'impatto sul capitale umano complessivo. Ciò non significa tuttavia trascurare le fasi successive: l'istruzione secondaria, terziaria e la formazione professionale continua

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

hanno un ruolo chiave nel produrre competenze specialistiche e nel riqualificare la forza lavoro man mano che emergono nuove esigenze (OECD, 2020). In sintesi, il capitale umano è un concetto multidimensionale e dinamico, la cui accumulazione dipende sia dalla quantità di istruzione ricevuta sia dalla qualità e dalla tempestività degli investimenti formativi nelle diverse fasi della vita.

Data la limitatezza delle risorse pubbliche, l'efficienza nell'impiego della spesa in istruzione è fondamentale per massimizzare i risultati formativi ottenuti per ogni euro speso. In termini generali, l'efficienza produttiva può essere distinta in efficienza tecnica – la capacità di massimizzare l'output dato un certo input (o, all'inverso, di minimizzare l'input per un dato livello di output) – ed efficienza allocativa, che riguarda invece l'uso delle combinazioni di input che minimizzano i costi per ottenere un determinato output (Farrell, 1957). Applicare questi concetti al settore educativo significa domandarsi se scuole, università o interi sistemi regionali ottengano il massimo in termini di risultati formativi dalle risorse investite, oppure se esistano sprechi o inefficienze gestionali lungo il processo educativo. Numerosi studi suggeriscono che maggiori risorse finanziarie non si traducano automaticamente in migliori risultati educativi, a meno che tali risorse non vengano utilizzate in modo ottimale e mirato (Hanushek, 1986; 2003). È dunque essenziale identificare e correggere le inefficienze gestionali per migliorare il rapporto costo-efficacia della spesa in istruzione.

La letteratura economica ha sviluppato diversi metodi per misurare l'efficienza nei sistemi educativi, facendo ricorso sia ad approcci parametrici sia non parametrici. I metodi parametrici, come la Stochastic Frontier Analysis (SFA) introdotta da Aigner, Lovell e Schmidt (1977), o nell'estensione True Fixed Effects (Greene, 2005), specificano a priori una forma funzionale per il processo di produzione dei servizi educativi e stimano una "frontiera" efficiente tenendo conto sia di un termine di errore aleatorio sia di un termine di inefficienza gestionale. I metodi non parametrici, come la Data Envelopment Analysis (DEA) proposta da Charnes, Cooper e Rhodes (1978), costruiscono invece una frontiera empirica a partire dai dati osservati, senza imporre una forma funzionale predefinita. Entrambi gli approcci sono stati ampiamente utilizzati per valutare l'efficienza di scuole, atenei o interi sistemi educativi, evidenziando spesso variazioni significative nelle performance tra unità comparabili. Ad esempio, grazie a queste tecniche è possibile individuare regioni che, a parità di spesa e di condizioni socio-economiche,

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

raggiungono performance educative migliori di altre, fornendo indicazioni preziose sui margini di miglioramento e sulle best practice da emulare.

Un risultato chiave emerso dalla ricerca è che non conta solo la quantità di spesa o di istruzione erogata, ma è la qualità e l'efficienza con cui tale istruzione è fornita che determina l'accumulazione di capitale umano. Hanushek e Woessmann (2008) mostrano che i livelli di competenze cognitive (misurati ad esempio dai punteggi nei test standardizzati internazionali come PISA) hanno un impatto molto più rilevante del semplice numero di anni di scuola sulla crescita economica di lungo periodo. Ciò implica che sistemi educativi inefficaci – in cui risorse aggiuntive non si traducono in miglioramenti delle competenze – rischiano di vanificare l'effetto positivo atteso da un aumento della spesa. Inoltre, vari studi documentano l'esistenza di disuguaglianze nell'accesso e nella qualità dell'istruzione: risorse educative distribuite in modo non equo tra territori o tra gruppi sociali contribuiscono a disomogeneità nei risultati formativi e nelle opportunità economiche successive (Piketty, 2014; Chetty et al., 2014). Tali inefficienze ed iniquità rappresentano non solo un problema di giustizia sociale, ma anche un freno al pieno sviluppo del capitale umano di un Paese. In sintesi, la letteratura concorda nel ritenere che aumentare la spesa in istruzione generi effetti positivi significativi solo se accompagnato da misure che ne assicurino un utilizzo efficace ed equo; in caso contrario, risorse aggiuntive possono avere rendimenti decrescenti o nulli in termini di capitale umano accumulato.

2.3. Servizi per la prima infanzia, capitale umano e partecipazione femminile al lavoro

Numerosi studi indicano che i servizi educativi per la prima infanzia – in particolare asili nido (0-3 anni) e scuole dell'infanzia (3-5 anni) – generano effetti di lunga durata sul capitale umano e producono benefici socio-economici sia per i bambini sia per le loro famiglie. Interventi di alta qualità in età prescolare possono migliorare lo sviluppo cognitivo e non cognitivo dei bambini, gettando le basi per migliori risultati scolastici e lavorativi negli anni successivi. Già negli anni '70, una ricerca sull'espansione su larga scala degli asili nido in Norvegia ha mostrato che l'accesso universale all'asilo nido ha migliorato nel lungo periodo i risultati educativi ed i livelli di istruzione dei bambini, con effetti particolarmente positivi per quelli provenienti da famiglie svantaggiate (Havnes & Mogstad, 2011a). Gli stessi autori, esaminando gli effetti della medesima riforma norvegese, rilevano che l'offerta diffusa di asili nido ha avuto anche un impatto sull'offerta di lavoro delle madri: l'aumento del tasso di occupazione femminile è stato

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

moderato a livello aggregato, ma con effetti più marcati tra le donne con livelli d'istruzione medio-bassi (Havnes & Mogstad, 2011b). Ciò suggerisce che una maggiore disponibilità di servizi per l'infanzia possa aiutare soprattutto le madri più vulnerabili (i.e., con più bassa istruzione o minori livelli di reddito) ad entrare o rientrare nel mercato del lavoro.

Un altro studio di rilievo è quello di Baker, Gruber e Milligan (2008) sull'introduzione di un programma di asili nido a copertura quasi universale nella provincia del Québec (Canada). I risultati indicano un significativo aumento dell'offerta di lavoro femminile a seguito dell'espansione dei servizi per la prima infanzia, con una crescita particolarmente accentuata dell'occupazione tra le madri di bambini piccoli. Allo stesso tempo, gli autori riscontrano alcuni effetti contrastanti sul benessere e sullo sviluppo dei bambini nel breve periodo, attribuiti forse a difficoltà iniziali nel garantire un'elevata qualità durante la rapida fase di ampliamento dell'offerta. Questo suggerisce che, affinché i benefici per i bambini si manifestino appieno, l'espansione quantitativa dei servizi deve essere accompagnata da adeguati standard qualitativi: rapporto ottimale educatore/bambini, formazione qualificata del personale e programmi educativi appropriati.

Evidenze simili provengono dalla Germania: una riforma che ha ampliato significativamente l'accesso ai servizi socio-educativi ha portato a miglioramenti misurabili nelle abilità cognitive dei bambini, nel linguaggio e nelle competenze pre-matematiche, confermando che l'educazione prescolare di qualità può rafforzare il capitale umano nel lungo periodo (Felfe & Lalive, 2018). In generale, ampie rassegne della letteratura (tra gli altri, Elango et al., 2016) e noti studi pilota come l'Abecedarian Project ed il Perry Preschool Project negli Stati Uniti hanno documentato effetti persistenti dell'educazione nella prima infanzia: maggiore probabilità di conseguire diplomi scolastici e lauree, redditi più elevati in età adulta, minori rischi di comportamenti devianti o criminali, specialmente per i bambini provenienti da famiglie svantaggiate. Tali risultati hanno consolidato l'idea che investire nei servizi per la prima infanzia sia una delle politiche più efficaci per favorire la mobilità sociale e per interrompere il circolo intergenerazionale della povertà.

Oltre agli effetti diretti sui bambini, i servizi per l'infanzia producono importanti ricadute sulle famiglie e sulla società, in particolare in termini di partecipazione femminile al mercato del lavoro. La teoria economica del lavoro suggerisce che l'elevato costo di cura dei figli

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

rappresenta una determinante chiave dell'offerta di lavoro delle madri: ridurre tali costi (sia monetari che non monetari, in termini di tempo) attraverso l'offerta di servizi pubblici/sovvenzionati incentiva una maggiore partecipazione delle donne all'attività lavorativa. Gli studi empirici supportano questa tesi. Cascio (2009), analizzando l'introduzione della scuola materna gratuita nelle scuole pubbliche americane a metà del Novecento, ha riscontrato un incremento dell'occupazione tra le madri di bambini in età prescolare. Analogamente, Schlosser (2011), esaminando un intervento di espansione dell'istruzione prescolare in Israele, ha osservato un aumento significativo del tasso di partecipazione femminile grazie alla disponibilità di servizi educativi gratuiti per i bambini di 3–4 anni. Queste evidenze mostrano come la carenza di servizi per l'infanzia, accessibili ed a basso costo, rappresenti una barriera all'occupazione femminile: fornire asili nido e scuole dell'infanzia di qualità, soprattutto se a costi contenuti per le famiglie, libera il tempo delle madri che desiderano lavorare e contribuisce a ridurre il divario di genere nel mercato del lavoro.

Dal punto di vista macroeconomico e sociale, un aumento dell'occupazione femminile ha molteplici effetti positivi: contribuisce alla crescita del PIL potenziale, amplia la base imponibile, migliora il benessere delle famiglie grazie al reddito aggiuntivo e promuove una maggiore parità di genere nei ruoli lavorativi e domestici. Tuttavia, gli studi suggeriscono che l'impatto delle politiche per la prima infanzia sull'occupazione femminile può variare a seconda del contesto: ad esempio, in società dove la partecipazione femminile è già alta ed i servizi per l'infanzia sono ampiamente disponibili, l'effetto marginale di un'ulteriore espansione può risultare modesto; al contrario, in contesti come quello italiano – tradizionalmente caratterizzato da tassi di occupazione femminile relativamente bassi e da un'offerta insufficiente di servizi per la prima infanzia in molte aree – il potenziale di miglioramento è significativo. In Italia, secondo dati ISTAT, meno del 30% dei bambini sotto i 3 anni usufruisce di servizi educativi per la prima infanzia (asili nido o servizi integrativi), con profonde differenze territoriali: nel Nord la copertura è molto più elevata che nel Sud. Colmare questo divario offrirebbe un duplice dividendo: da un lato contribuirebbe alla formazione del capitale umano fin dai primissimi anni di vita; dall'altro, faciliterebbe la partecipazione delle donne al lavoro, specialmente nelle regioni dove il tasso di occupazione femminile attualmente è inferiore.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

In sintesi, teoria ed evidenza empirica convergono nel ritenere che l'investimento in servizi educativi – a partire dalla prima infanzia – rappresenti non solo un imperativo etico e sociale, ma anche una strategia di sviluppo economico di lungo periodo. Asili nido e scuole dell'infanzia di qualità generano benefici molteplici: bambini più preparati e con migliori prospettive educative, madri più libere di lavorare, famiglie con maggiore benessere e società più inclusive. Naturalmente, affinché tali benefici si realizzino appieno, è necessario che la spesa pubblica in questo settore sia gestita in modo efficiente ed equo, assicurando standard adeguati su tutto il territorio nazionale e raggiungendo le fasce più vulnerabili della popolazione.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. Un'analisi economica interregionale con dati CPT**

min	5%	25%	50%	75%	95%	max
24	24	24	24	24	24	24

Freq.	Percent	Cum.	Pattern
20	100.00	100.00	1111111111111111111111
20	100.00		XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Fonte: ns. elaborazione.

Sebbene il panel sia bilanciato (Fig. 1), la disponibilità delle variabili non è uniforme: molte serie sono osservate solo in sottoperiodi, coerentemente con l'avvio (o la discontinuità) delle rilevazioni e con la diversa periodicità/retrospettiva delle fonti. Ne risulta una matrice informativa con missingness dominata da blocchi variabile×anno interamente non osservati.

Nel complesso, sulle 101.760 celle (480×212 variabili numeriche), la quota mancante è 37,8%. La scomposizione (Tab. 2) indica che la mancanza è quasi interamente strutturale: il 37,3% deriva da assenza di fonte in specifici anni, mentre solo lo 0,5% è imputabile a missing sporadici intra-anno (alcune regioni osservate e altre mancanti nello stesso anno).

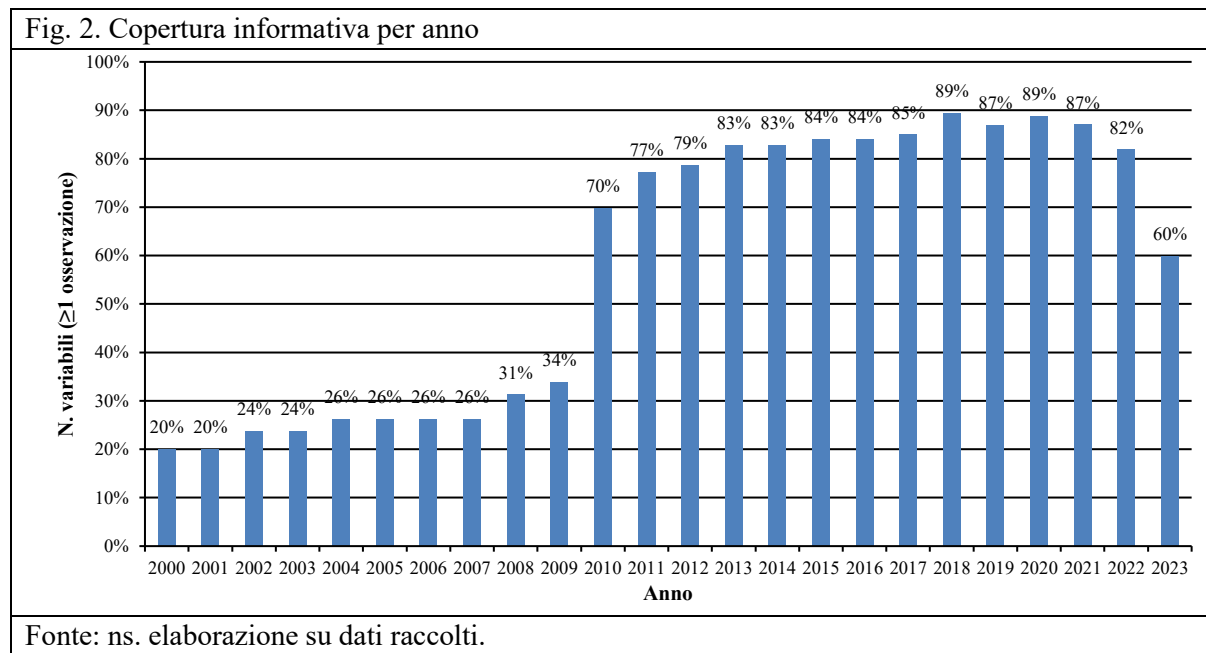
Tab. 2. Missingness per dominio (celle dominio×regione×anno; frequenza %)

Dominio	N. variabili	Missing totale	Strutturale	Sporadica
Apprendimenti (INVALSI)	5	61.7%	61.7%	0.0%
Conti economici territoriali	6	0.0%	0.0%	0.0%
Demografia e struttura per età	29	7.5%	7.5%	0.0%
Finanza pubblica territorializzata	11	9.0%	8.3%	0.7%
Identificativi e geografia	11	0.0%	0.0%	0.0%
Istruzione terziaria – laureati/esiti	56	50.1%	49.8%	0.3%
Mercato del lavoro	8	75.0%	75.0%	0.0%
Povertà e vulnerabilità	1	0.0%	0.0%	0.0%
Qualità istituzionale	1	16.7%	16.7%	0.0%
Servizi educativi 0–2 anni	15	55.0%	55.0%	0.0%
Sistema scolastico	50	46.6%	45.5%	1.1%
Università – iscritti	12	45.8%	45.8%	0.0%
Università – offerta e immatricolazioni	7	38.1%	32.7%	5.4%
Totale complessivo	212	37.8%	37.3%	0.5%

Fonte: ns. elaborazione.

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

Ciò implica che l'asimmetria dei campioni tra specifiche econometriche è guidata primariamente dall'intersezione delle finestre temporali delle variabili incluse, più che da criticità localizzate su singole regioni.



Dal punto di vista analitico (Fig. 2), l'asimmetria dei campioni tra modelli è guidata principalmente dall'intersezione delle finestre temporali delle variabili incluse (e non da problemi di qualità o completezza localizzata su singole regioni). Ne consegue che: (i) la dimensione campionaria di ciascuna equazione deve essere riportata congiuntamente a periodo (anni) e numero di unità (regioni); (ii) la comparabilità tra specifiche richiede, ove rilevante, esercizi di robustezza su finestre temporali comuni (balanced-on-variables) oltre che su specificazioni alternative degli errori; (iii) l'imputazione dei missing non è raccomandata in questo contesto, poiché la mancanza è prevalentemente deterministica (strutturale) e riflette assenza di misurazione, non valori casualmente omessi.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

4. Analisi descrittive

4.1 Andamento delle principali variabili

Questa sezione presenta statistiche descrittive e rappresentazioni grafiche delle principali variabili del dataset. L'obiettivo è fornire un quadro sintetico di livelli, dispersione e dinamiche temporali, nonché di evidenziare la copertura informativa effettiva delle variabili più rilevanti per le stime econometriche.

Tab. 3. Statistiche descrittive delle principali variabili utilizzate

Variabile	Fonte	Anni disponibili	N	Media	SD	Min	Me- diana	Max	Skew- ness	Kur- tosis
Punteggio medio IN- VALSI (ingL, ingR, it, mat)	INVALSI	2012-2023	240	200	7.2	183	201	213	-0.5	2.3
Popolazione residente al 1° gennaio - totale [unità]	ISTAT	2000-2024	480	2,951 (mln)	2,383 (mln)	119 (mln)	1,751 (mln)	10,028 (mln)	1.0	3.7
Popolazione residente al 1° gennaio - totale 0-3 anni [unità]	ISTAT	2000-2024	480	103 (mln)	89 (mln)	3 (mln)	57 (mln)	388 (mln)	1.1	3.8
Popolazione residente al 1° gennaio - totale 3-18 anni [unità]	ISTAT	2000-2024	480	445 (mln)	373 (mln)	16 (mln)	272 (mln)	1,510 (mln)	1.0	3.2
Popolazione residente al 1° gennaio - totale 19- 25 anni [unità]	ISTAT	2000-2024	480	219 (mln)	179 (mln)	8 (mln)	149 (mln)	773 (mln)	0.9	2.9
Nidi e sezioni prima- vera: spesa dei comuni per residenti 0-2 anni (reale, defl. PIL) [€]	ISTAT	2011-2022	240	9.0	5.8	0.4	7.4	28.9	0.8	3.1
Spese settore 5 - Istru- zione (reale, defl. PIL, pop_3-18_tot) pro ca- pita [€]	CPT	2000-2021	440	6,203	1,202 .1	4,275	5,971	10,471	1.3	5.0
Spese settore 5 - scuola (reale, defl. PIL, pop_3- 25_tot) pro capite [€]	CPT	2000-2021	440	3,601	760.2	2,546	3,459	6,542	1.9	6.8
Spese settore 5 - univer- sità (reale, defl. PIL, pop_19-25_tot) pro ca- pita [€]	CPT	2000-2021	438	1,621	615.3	437	1,537	3,511	0.5	2.6
Real per capita expendi- ture (p2015) [€/K]	ISTAT	2000-2023	480	28.0	7.5	15.2	28.9	43.3	0.1	1.8
Family poverty index (%)	ISTAT	2000-2023	480	12.0	8.4	3.2	7.2	36.1	0.6	1.7
Adult education rate (%)	ISTAT	2004-2020	380	9.0	1.9	4.9	8.7	15.1	0.5	3.2

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

Infrastructure equip- ment rate (%)	ISTAT	2010-2022	260	61.0	6.3	39.5	61.5	77.5	0.0	3.0
University enrolment rate (%)	MIUR	2009-2024	300	6.0	2.2	2.0	6.3	11.5	0.1	2.5
Student per classroom ratio	ISTAT	2010-2023	280	16.0	1.2	12.9	15.9	18.0	-0.3	2.3
Institutional quality in- dex (Nifo-Vecchione) - regional	Nifo- Vecchione	2004-2023	400	1.0	0.2	0.1	0.6	1.0	-0.5	2.1
Quota laureati sul totale della pop 19/25 (%)	ISTAT	2004-2020	260	7.0	2.6	2.2	6.8	14.7	0.2	2.7
Nidi e sezioni prima- vera: posti autorizzati per 100 bambini 0-2 anni (totale)	ISTAT	2013-2022	200	24.0	8.4	5.4	25.3	40.3	-0.4	2.4
Fonte: ns. elaborazione su dati raccolti.										

La Tab. 3 restituisce un quadro in cui la variabilità delle covariate non è uniforme e riflette, in primo luogo, differenze strutturali di scala tra unità territoriali. Le variabili demografiche (popolazione totale e per classi d'età) presentano una dispersione elevata ed una marcata asimmetria positiva, compatibile con una distribuzione in cui molte osservazioni si concentrano su livelli medio-bassi e poche realtà molto grandi generano code destre e valori estremi; ciò suggerisce che la dimensione territoriale costituisca una componente cruciale da neutralizzare tramite trasformazioni (i.e. log) o normalizzazioni. In questo contesto, gli indicatori di spesa evidenziano un profilo coerente: le componenti di spesa per istruzione – soprattutto quelle riconducibili al comparto “scuola” – mostrano code destre e maggiore “picco” distributivo, indicando la presenza di un sottoinsieme di territori con livelli di spesa particolarmente elevati rispetto al resto del campione; viceversa, misure più standardizzate (in termini pro capite) tendono a ridurre l'asimmetria, segnalando che una quota della variabilità è riconducibile alla scala più che a differenze “pure” di intensità di spesa. Gli indicatori socio-economici si articolano in modo non omogeneo: la povertà familiare è fortemente differenziata (ampia distanza tra quartili), mentre alcune proxy di dotazione/infrastrutturazione risultano prossime alla simmetria, suggerendo una distribuzione più regolare e meno influenzata da outlier; allo stesso tempo, variabili di contesto scolastico come il rapporto studenti/aula appaiono relativamente concentrate e lievemente asimmetriche, coerentemente con vincoli organizzativi che limitano l'ampiezza delle variazioni. Sul versante istituzionale e del capitale umano emergono distribuzioni meno “estreme” ma non neutrali: l'indice di qualità istituzionale e la copertura/disponibilità di posti

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

asili mostrano una coda verso valori più bassi, indicando che le criticità si concentrano in una parte specifica del campione più che essere diffuse in modo uniforme. Infine, il punteggio medio INVALSI risulta complessivamente più compatto e leggermente asimmetrico verso i valori inferiori: rispetto alla forte eterogeneità di demografia e spese, gli esiti sembrano meno dominati da outlier, il che è compatibile con un processo di produzione dei risultati educativi in cui differenze molto ampie negli input si riflettono in variazioni più contenute dell'output (anche per effetti di soglia, vincoli istituzionali o meccanismi compensativi). Nel complesso, la lettura congiunta delle statistiche descrittive indica una potenziale interdipendenza tra scala territoriale, capacità di spesa, condizioni socio-economiche e qualità istituzionale.

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

Tab. 3. Matrice di correlazione (Pearson, pairwise complete)

PWCORR	invsc	pop_tot	pop_0/3	pop_3/18	pop_19/25	exp_ansp	exp_istr	exp_sc	exp_univ	pil_r_pc	pove	edu	stru	enrol	stud	iqi	pop_laur	p_ansp	
invsc	-																		
pop_tot	-0.029	-																	
pop_0/3	-0.063	0.983***	-																
pop_3/18	-0.066	0.984***	0.987***	-															
pop_19/25	-0.138**	0.969***	0.975***	0.991***	-														
exp_ansp	0.591***	-0.057	-0.075	-0.095	-0.147**	-													
exp_istr	0.194***	-0.517**	-0.495***	-0.539***	-0.527***	0.396***	-												
exp_sc	0.218***	-0.522***	-0.497***	-0.529***	-0.534***	0.407***	0.954***	-											
exp_univ	0.458***	0.058	0.039	-0.018	-0.043	0.557	0.384***	0.185***	-										
pil_r_pc	0.776***	0.148***	0.123***	0.057	0.010	0.798***	0.461***	0.450***	0.528**	-									
pove	-0.788***	-0.121***	-0.076*	-0.016	0.037	-0.731***	-0.298**	-0.267***	-0.588***	-0.861***	-								
edu	0.555***	0.093*	0.002	0.032	-0.021	0.549***	-0.146**	0.157***	0.278***	0.291***	-0.410**	-							
stru	0.255***	0.062	0.079	0.040	0.004	0.093	-0.179**	-0.133**	0.073	0.209***	-0.257**	-0.077	-						
enrol	0.406***	0.348***	0.297***	0.295***	0.252***	0.317***	-0.229**	-0.318***	0.684***	0.314***	-0.489***	0.626***	0.013	-					
stud	0.209***	0.544***	0.5534***	0.513***	0.484***	0.048	-0.609**	0.654***	0.384***	0.160***	-0.303***	0.151**	0.253***	0.550***	-				
iqi	0.843***	-0.027	-0.069	-0.133	-0.190**	0.629**	0.332**	0.327**	0.504**	0.815***	-0.856**	0.300***	0.397***	0.399**	0.353**	-			
pop_laur	0.346***	0.395***	0.349**	0.351***	0.307**	0.308**	-0.230**	0.318***	0.654***	0.342***	-0.462***	0.696***	-0.046	0.903***	0.553**	0.362**	-		
p_ansp	0.719***	-0.073	-0.131*	-0.135*	-0.212***	0.741***	0.214**	0.193**	0.636**	0.681***	-0.786**	0.763***	0.116	0.580***	0.203**	0.683**	0.471***	-	

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Legenda variabili:

'invsc' = media invsc (ingL, ingR, it, mat)
'pop_tot' = popolazione residente al 1° gennaio - totale [unità]
'pop_0/3' = popolazione residente al 1° gennaio - totale 0-3 anni [unità]
'pop_3/18' = popolazione residente al 1° gennaio - totale 3-18 anni [unità]
'pop_19/25' = popolazione residente al 1° gennaio - totale 19-25 anni [unità]
'exp_ansp' = nidi/sez. prim. spesa dei comuni per res. 0-2 anni (reale, p2015) [€]
'exp_istr' = spese settore 5 - Istruzione (reale, p2015, pop_3-18_tot) pro capite [€]
'exp_sc' = spese settore 5 - scuola (reale, p2015, pop_3-25_tot) pro capite [€]
'exp_univ' = spese settore 5 - università (reale, p2015, pop_19-25_tot) pro capite [€]
'pil_r_pc' = real per capita expenditure (p2015) [€/K]
'pove' = family poverty index (%)
'edu' = adult education rate (%)
'stru' = infrastructure equipment rate (%)
'enrol' = university enrolment rate (%)
'stud' = student per classroom ratio
'iqi' = institutional quality index (Nifo-Vecchione) - regional
'pop_laur' = quota laureati sul totale della pop 19/25 [%]
'p_ansp' = nidi/sez. prim. posti autorizzati per 100 bambini di 0-2 anni [numero]

Fonte: ns. elaborazione.

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

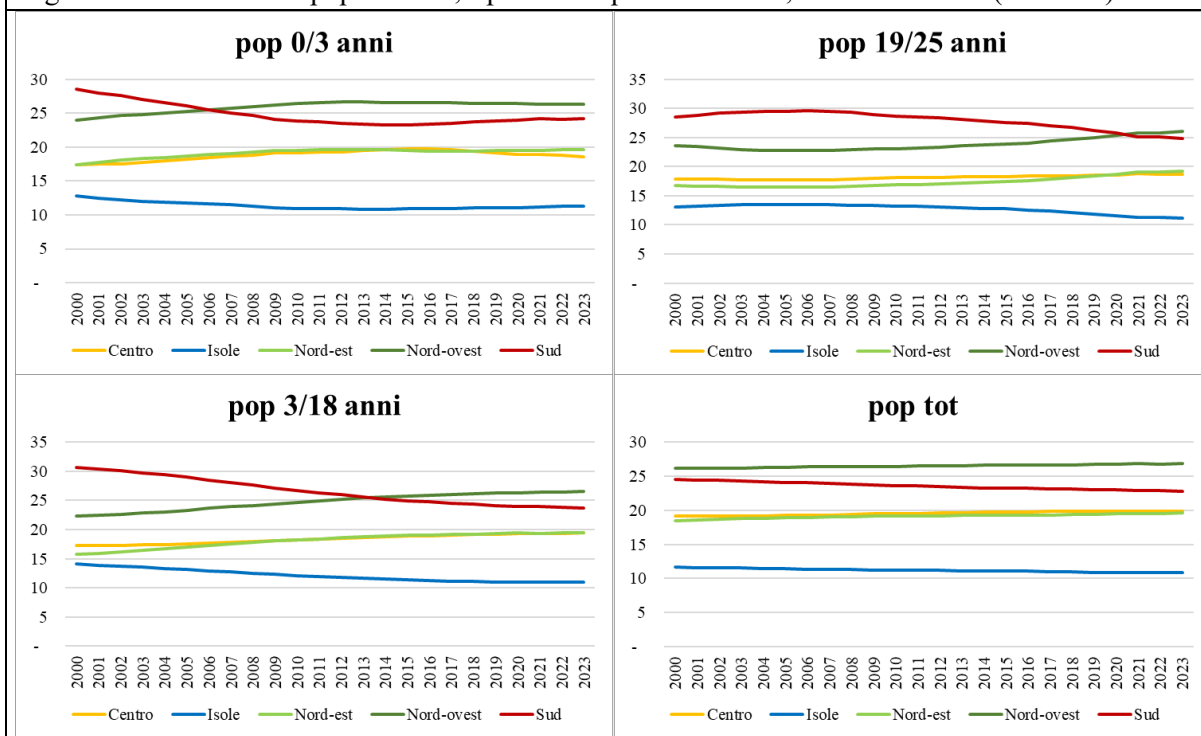
La Tab. 4 (correlazioni di Pearson, *pairwise complete*) restituisce una struttura relazionale fortemente gerarchica tra le covariate. In primo luogo, le misure demografiche (popolazione totale e per classi d'età) risultano altamente intercorrelate, delineando un unico fattore di “scala territoriale” che, se inserito con più proxy contemporaneamente, produrrebbe collinearità quasi meccanica; coerentemente, le grandezze di spesa espresse in termini pro capite mostrano relazioni negative con la scala, compatibili con effetti di denominatore e con differenze di intensità non proporzionali alla dimensione. In secondo luogo, si osserva un blocco coerente di “sviluppo socio-istituzionale” in cui la spesa reale pro capite e l'indice di qualità istituzionale si muovono nella stessa direzione e risultano entrambi fortemente e inversamente associati alla povertà (con coefficienti in valore assoluto molto elevati, prossimi a 0,86), suggerendo che benessere, qualità della governance e fragilità sociale siano strettamente intrecciati. Tale gradiente si riflette anche negli indicatori di capitale umano (tasso di istruzione degli adulti, iscrizione universitaria e quota di laureati), che risultano tra loro positivamente correlati – con un legame particolarmente intenso tra iscrizione universitaria e quota di laureati – e si collocano sullo stesso asse favorevole di reddito/istituzioni e opposto alla povertà. Infine, le variabili relative ai servizi per l'infanzia (spesa comunale per nidi/sezioni primavera e posti autorizzati) risultano fortemente associate tra loro e, soprattutto, allineate con il gradiente di sviluppo: aree più ricche e con migliore qualità istituzionale tendono a presentare maggiore offerta/spesa per asili nido, nonché mostrano minore povertà; non sorprende quindi che anche il punteggio medio INVALSI presenti correlazioni elevate e coerenti con qualità istituzionale e benessere economico e negative con la povertà. Nel complesso, la matrice suggerisce che molte variabili di policy e di contesto condividano un comune fattore latente di sviluppo: ciò rende cruciale, nelle analisi causali o quasi-causali, distinguere l'effetto “proprio” della spesa/offerta educativa (in particolare per asili nido) dal differenziale strutturale di capitale umano, istituzioni e condizioni socio-economiche.

La successiva Fig. 4 mostra l'andamento della popolazione, totale e per coorti d'età. La dinamica demografica segnala un graduale spostamento del baricentro verso le aree del Centro-Nord, ma con intensità diversa per età. Sul totale popolazione, le quote territoriali si muovono lentamente; viceversa, nelle classi 0-3, 3-18 e 19-25 anni la riduzione del peso relativo di Sud e Isole risulta più evidente. Questo profilo è coerente con una combinazione sia di differenziali

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

di fecondità sia, soprattutto, con migrazioni interne selettive per età (giovani e famiglie), che tendono a rafforzare le regioni più attrattive in termini di lavoro e servizi.

Fig. 4. Andamento della popolazione, ripartizione per macro area, anni 2000-2023 (IT = 100)



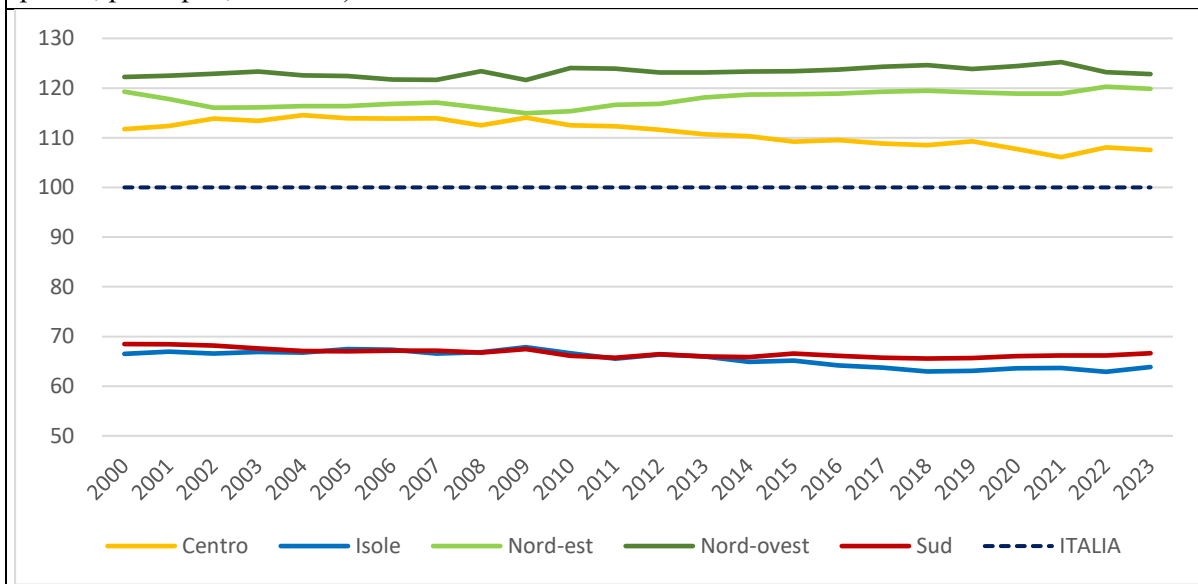
Fonte: ns. elaborazione su dati ISTAT.

Sul piano economico, ciò implica un duplice effetto di retroazione: da un lato, la perdita di giovani riduce offerta di lavoro futura e la domanda locale di servizi educativi; dall'altro, la minore densità/coorte può alterare gli indicatori pro capite (spesa e dotazioni) per meri effetti di denominatore. In prospettiva, la tendenza si innesta nella contrazione demografica nazionale e nella diversa capacità delle macro-aree di attrarre popolazione (interna e dall'estero), con implicazioni dirette su potenziale di crescita e sostenibilità dei sistemi di welfare territoriali.

La Fig. 5 illustra l'andamento del PIL reale. L'indicizzazione (Italia=100) evidenzia un dualismo persistente: nel 2023 il Nord-ovest e il Nord-est restano stabilmente sopra la media nazionale (circa 123 e 120), mentre Sud e Isole si collocano su livelli intorno a 67 e 64; il Centro oscilla poco sopra la media (circa 108). Lo shock del 2008–2009 emerge come fase di stress anche per le aree più produttive (minimi relativi del Nord attorno al 2009), ma l'ordine territoriale non cambia.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

Fig. 5. Andamento del PIL reale, ripartizione per macro area, anni 2000-2023 (valori deflazionati, p2015; pro capite; IT = 100)



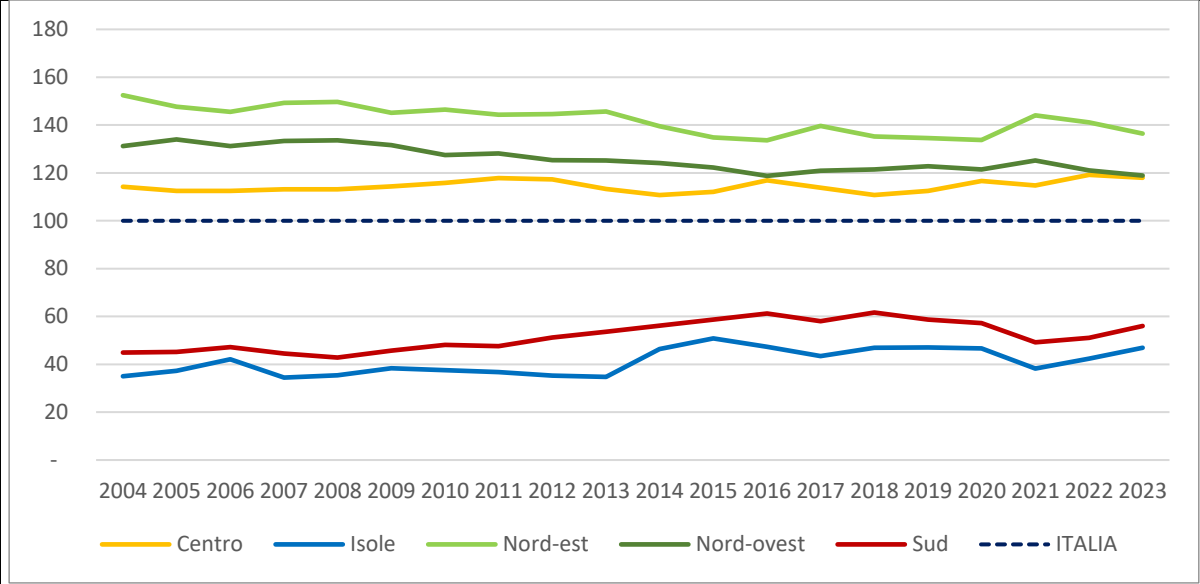
Fonte: ns. elaborazione su dati ISTAT, valori deflazionati a prezzi 2015.

In termini interpretativi, la stabilità del ranking suggerisce che il gap sia alimentato da determinanti strutturali: produttività, composizione settoriale, densità di capitale fisico e umano, qualità delle infrastrutture e – come indicato dalla successiva Fig. 6 – qualità istituzionale. Anche quando la crescita recente risulta più dinamica nel Mezzogiorno in specifici anni, ciò non si traduce automaticamente in un recupero del livello relativo, evidenziando la differenza tra variazioni congiunturali e differenziali di lungo periodo del PIL pro capite.

L'IQI mostra un quadro di persistente eterogeneità territoriale, con il Centro-Nord su livelli superiori alla media e Mezzogiorno/Isole su valori nettamente inferiori. Tuttavia, il trend temporale segnala una parziale riduzione del divario: le aree meridionali migliorano in termini relativi (pur restando sotto 100), mentre le aree settentrionali diminuiscono, restando comunque sopra la media. Il risultato è una convergenza incompleta: si riduce la distanza, ma non si colma.

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

Fig. 6. Andamento IQI, ripartizione per macro area, anni 2004-2023 (media ponderata per la popolazione totale; IT = 100)

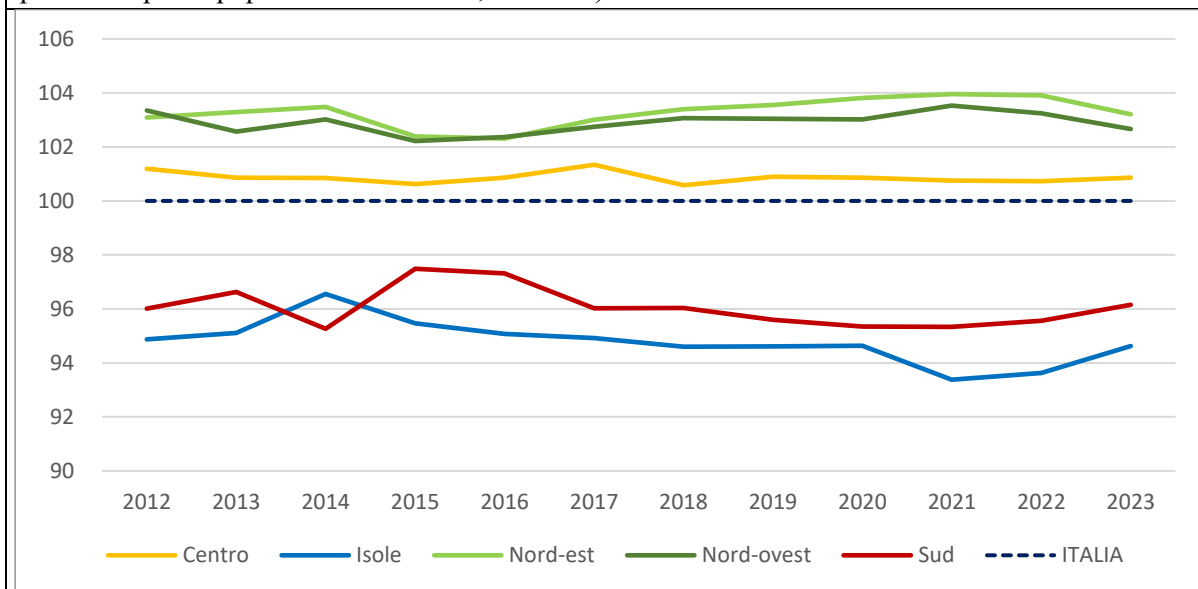


Fonte: ns. elaborazione su dati IQI Nifo-Vecchione e ISTAT.

Dal punto di vista economico, questa figura è cruciale perché la qualità istituzionale agisce come vincolo trasversale sulla crescita: incide su tempi/costi amministrativi, capacità di attuazione della spesa, qualità dei servizi pubblici, attrazione di investimenti e persino mobilità dei laureati. Il segnale di convergenza può essere letto come effetto di miglioramenti puntuali in alcune dimensioni istituzionali e/o di deterioramenti relativi in altre aree; in entrambi i casi, il messaggio per l'analisi causale è che l'*istituzione* va trattata come variabile lenta, ma non immobile, e potenzialmente mediatrice tra spesa pubblica (Figg. 14-16) ed esiti (Fig. 7).

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

Fig. 7. Andamento punteggi medi INVALSI, ripartizione per macro area, anni 2012-2023 (media ponderata per la popolazione 3/18 anni; IT = 100)



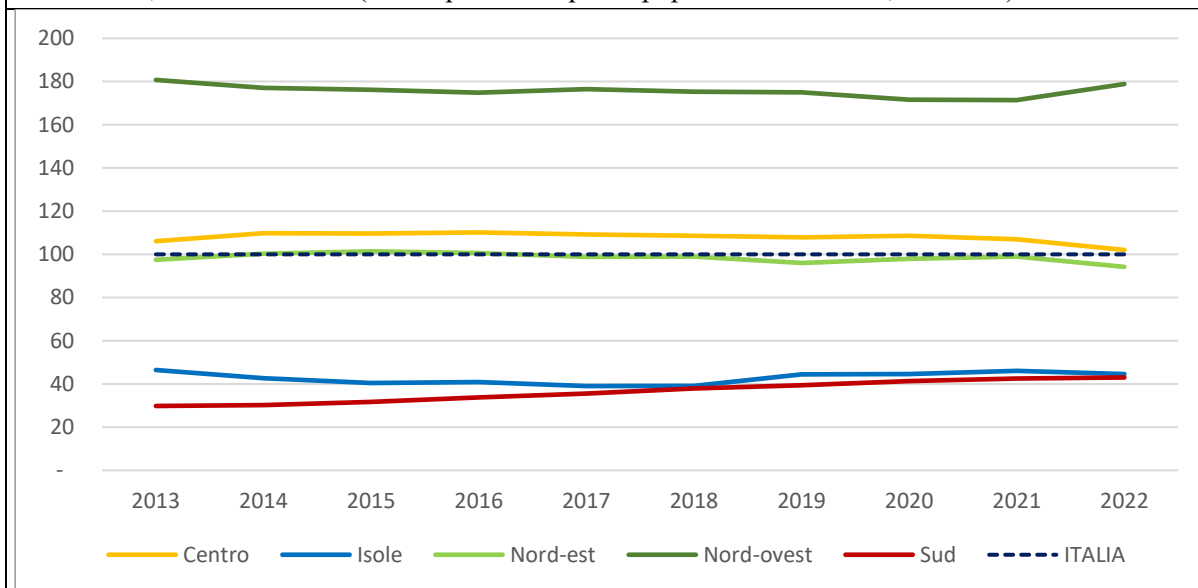
Fonte: ns. elaborazione su dati INVALSI e ISTAT.

La serie relativa ai punteggi nei test INVALSI evidenzia un gradiente territoriale stabile: Nord-ovest e Nord-est si collocano sistematicamente sopra la media nazionale (ca. 102–103), il Centro leggermente sopra (ca. 101), mentre Sud ed Isole restano al di sotto (ca. 96 e 95). Le oscillazioni annuali sono contenute e non emergono segnali di convergenza robusta nell'ultimo decennio; al più si osservano lievi movimenti ciclici (ad esempio flessioni in alcuni anni) che non modificano la gerarchia.

In chiave economica, la stabilità del divario negli apprendimenti è coerente con l'ipotesi di persistenza intergenerazionale del capitale umano e con la presenza di fattori territoriali complementari: condizioni socio-economiche, qualità dell'offerta educativa, mercato del lavoro locale e contesto istituzionale. Poiché le prove standardizzate riflettono competenze "accumulabili", una mancata convergenza qui anticipa – con ritardi – una mancata convergenza in produttività e redditi (Fig. 5). Ne discende un punto di policy rilevante: riallocare risorse (Figg. 14–16) può essere condizione necessaria ma non sufficiente se non si accompagna a miglioramenti in governance, targeting e capacità di esecuzione.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

Fig. 8. Andamento del numero di posti autorizzati di asili nido e sezioni primavera, ripartizione per macro area, anni 2013-2022 (media ponderata per la popolazione 0/3 anni; IT = 100)



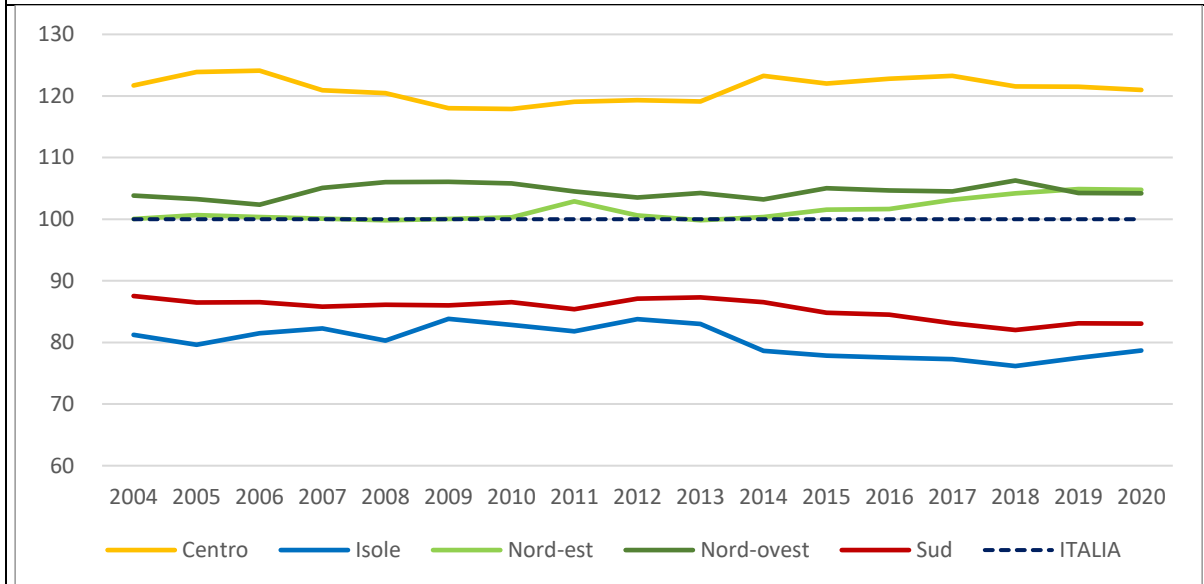
Fonte: ns. elaborazione su dati ISTAT.

La dotazione di posti autorizzati in asili nido (Fig. 8) presenta una frattura territoriale marcata: il Nord-ovest si colloca su livelli estremamente superiori alla media mentre Sud e Isole partono da valori molto bassi. La dinamica, però, segnala un elemento importante: il Sud cresce in modo significativo lungo il periodo, riducendo (solo in parte) il gap; le altre aree risultano sostanzialmente più stabili.

L'interpretazione economica è duplice. Primo, la disponibilità di servizi educativi 0-3 è un input chiave di capitale umano precoce ed un vincolo all'offerta di lavoro femminile; pertanto, la carenza strutturale nel Mezzogiorno può contribuire sia a divari educativi futuri (Fig. 7) sia ad una minore crescita potenziale (Fig. 5). Secondo, l'aumento relativo nel Sud è coerente con un mix di recupero graduale dell'offerta e di maggiori politiche di espansione, ma la persistenza di livelli molto inferiori implica che la convergenza richiede tempi lunghi e continuità attuativa.

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

Fig. 9. Andamento della quota di popolazione laureata sul totale della popolazione, ripartizione per macro area, anni 2004-2020 (media ponderata per la popolazione; IT = 100)



Fonte: ns. elaborazione su dati ISTAT.

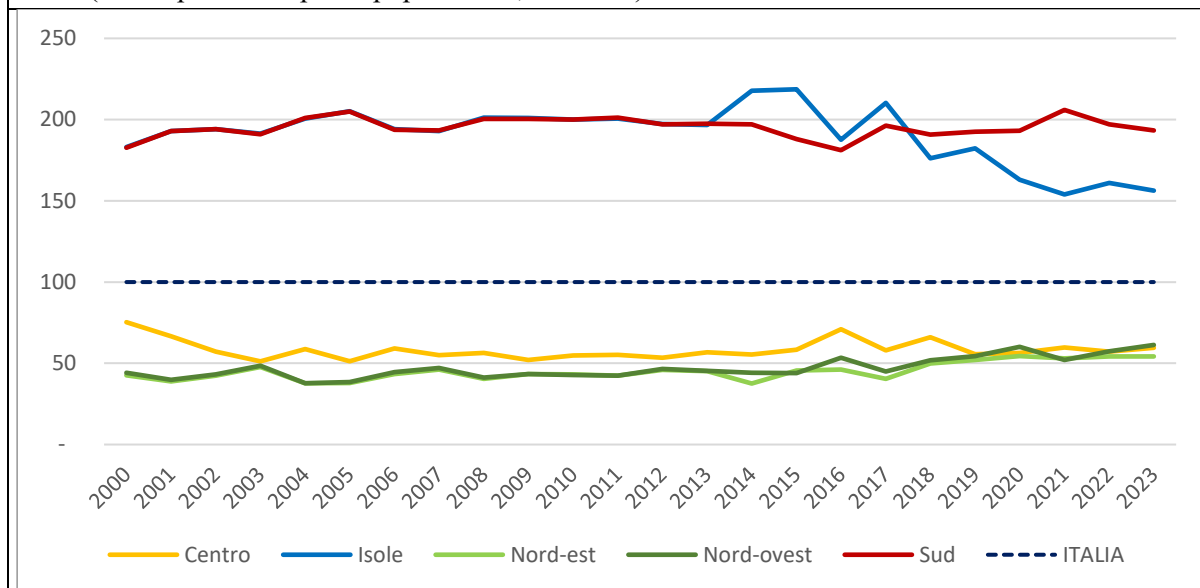
La quota di laureati (Fig. 9; Italia=100) mostra un profilo non banale: il Centro è stabilmente sopra media, il Nord si colloca poco al di sopra, mentre Sud ed Isole restano sotto la media con una tendenza al peggioramento relativo. In altri termini, non si osserva convergenza; al contrario, emerge una divergenza moderata a sfavore del Mezzogiorno.

Economicamente, questo è coerente con meccanismi di migrazione selettiva: i laureati (o i giovani più propensi a laurearsi) tendono a spostarsi verso territori con migliori opportunità di studio e lavoro, riducendo la “quota residente” nelle aree di origine. Tale processo può essere rafforzato da differenze in qualità istituzionale (Fig. 6) e da rendimenti attesi dell’istruzione territorialmente differenziati. Ne deriva un potenziale circolo vizioso: minore capitale umano locale → minore produttività e reddito (Fig. 5) → ulteriore migrazione selettiva.

La successiva Fig. 10 evidenzia l’andamento nella povertà relativa familiare. L’indicatore restituisce una polarizzazione netta: la povertà si concentra nel Mezzogiorno. Rispetto al 2000, il gap si riduce solo marginalmente e più per movimenti nelle aree del Centro-Nord (aumento relativo) che per un vero recupero del Mezzogiorno, dove l’incidenza resta molto elevata. Si osservano anche fasi di intensificazione (picchi nel decennio 2010 e intorno alla pandemia), coerenti con shock macroeconomici e vulnerabilità strutturali.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

Fig. 10. Andamento incidenza di povertà relativa familiare, ripartizione per macro area, anni 2000-2023 (media ponderata per la popolazione; IT = 100)

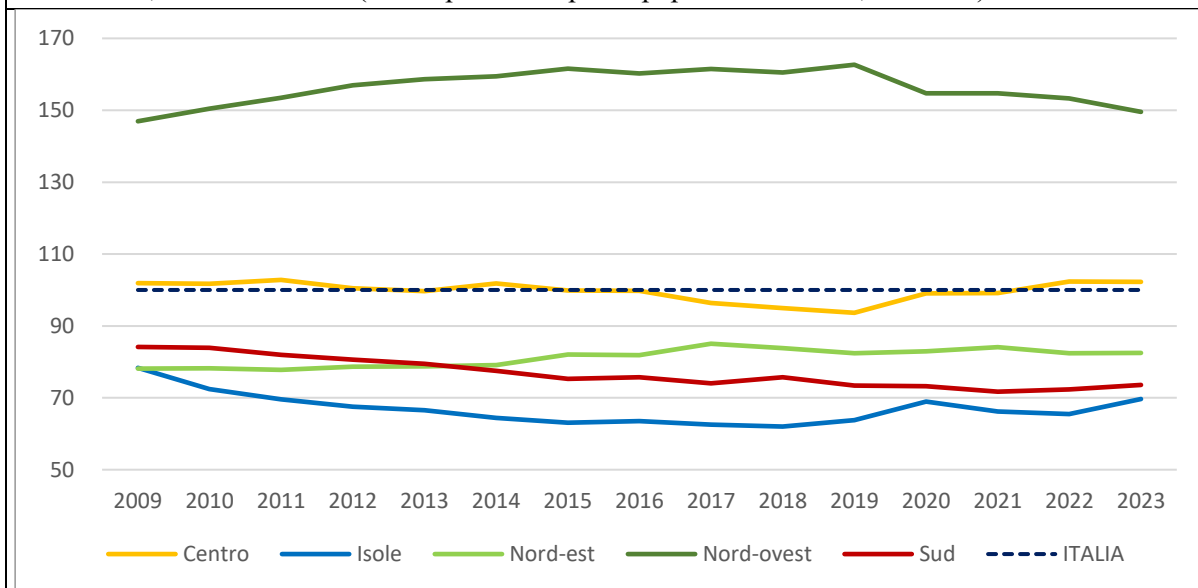


Fonte: ns. elaborazione su dati ISTAT.

Sul piano economico, la povertà relativa agisce sia come esito sia come determinante: erode investimenti in istruzione/salute, riduce mobilità sociale e può alimentare divari di competenze (Fig. 7). Inoltre, la natura “relativa” della misura implica che i confronti territoriali vadano letti come posizionamenti rispetto alla soglia nazionale, non solo come variazioni assolute. La persistenza del divario indica che le politiche redistributive e i trasferimenti possono attenuare gli shock, ma non sostituiscono interventi su produttività, capitale umano e istituzioni.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

Fig. 11. Andamento della quota di immatricolati sul totale della popolazione 19/25, ripartizione per macro area, anni 2009-2023 (media ponderata per la popolazione 19/25; IT = 100)



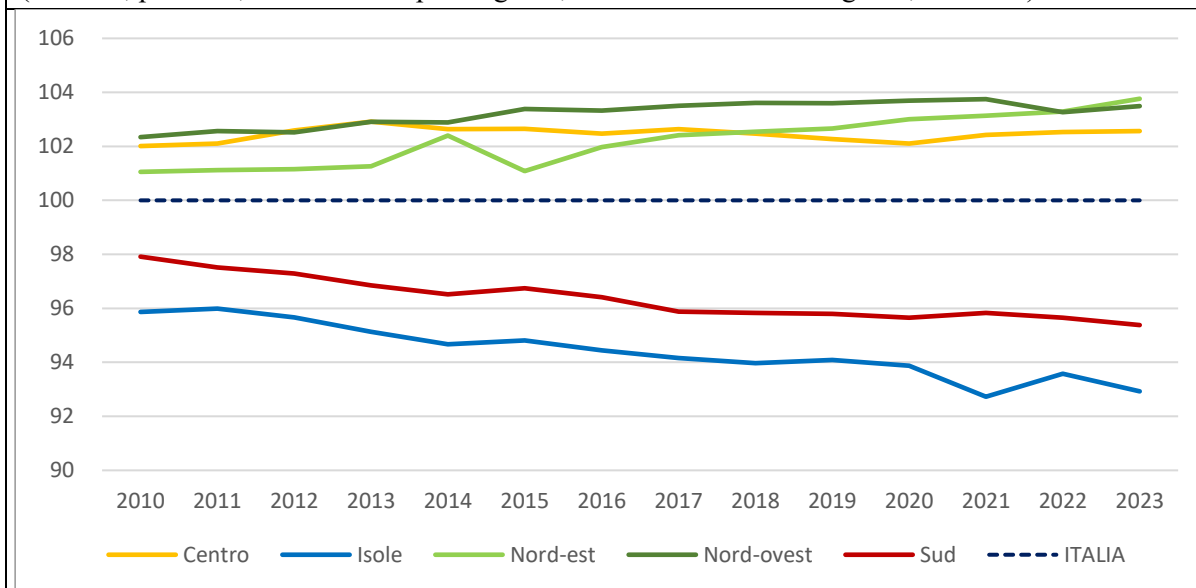
Fonte: ns. elaborazione su dati Ministero dell'Università e della Ricerca e ISTAT.

Come si osserva dalla Fig. 11, la transizione all'università risulta fortemente sbilanciata: il Nord-ovest si colloca stabilmente molto sopra la media, mentre Sud e Isole sono sotto 100 e mostrano un peggioramento relativo. Il Centro resta vicino alla media, mentre il Nord-est recupera leggermente. Nel complesso, la figura segnala una divaricazione nella propensione (o possibilità) di immatricolarsi.

L'interpretazione economica più plausibile è che il fenomeno combini: (i) effetti demografici e socio-economici (reddito familiare, vincoli di liquidità, aspettative), (ii) mobilità studentesca verso atenei del Centro-Nord (che può ridurre l'indicatore "per residenza" nelle aree di origine), e (iii) differenze nell'offerta e attrattività dei sistemi universitari locali. In ottica di crescita, la riduzione relativa delle immatricolazioni nel Mezzogiorno si traduce in minore accumulazione di capitale umano e, nel medio periodo, in minore capacità di convergenza del PIL pro capite (Fig. 5).

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. Un'analisi economica interregionale con dati CPT

Fig. 12. Andamento della quota di studenti per classi, ripartizione per macro area, anni 2010-2023 (infanzia, primaria, secondaria di primo grado, secondaria di secondo grado; IT = 100)



Fonte: ns. elaborazione su dati ISTAT.

La distribuzione territoriale degli studenti mostra una progressiva riallocazione (Fig. 12): Nord-est e Nord-ovest aumentano il proprio indice, il Centro rimane leggermente sopra media e stabile, mentre Sud ed Isole scendono sotto media. Anche senza entrare nel dettaglio per ordine scolastico, il messaggio è chiaro: il peso relativo delle coorti in età scolare si sposta verso il Centro-Nord.

Sul piano economico-istituzionale, ciò genera implicazioni rilevanti per la lettura delle altre figure perché detto trend può contribuire alla convergenza apparente della spesa pro capite (Fig. 14–16) per effetto del denominatore, aumenta il rischio di diseconomie di scala nei territori a forte contrazione di studenti (rete scolastica, trasporti, qualità dell'offerta) ed interagisce con la mobilità (interna e studentesca) e con le prospettive occupazionali territoriali. In una cornice di declino demografico, la composizione degli studenti diventa quindi un canale attraverso cui la demografia “traduce” shock e differenziali strutturali in traiettorie di lungo periodo.

4.2. Focus settori 5 e 11 dei CPT

I Conti Pubblici Territoriali (CPT) costituiscono un sistema informativo di contabilità pubblica “territorializzata” che ricostruisce flussi finanziari di spesa e di entrata a partire dai bilanci consuntivi degli Enti e li rende confrontabili mediante consolidamento a livello regionale, con un universo che include il Settore Pubblico Allargato (Pubblica Amministrazione ed entità Extra-

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

PA) ed un'articolazione per categoria economica, livello di governo, regione e settore d'intervento. In tale cornice, il settore 5-Istruzione consente un'analisi relativamente mirata della spesa per la "conoscenza" in quanto include l'amministrazione, il funzionamento e la gestione delle scuole e delle università pubbliche (con esclusione della spesa universitaria esplicitamente destinata alla ricerca scientifica), nonché l'edilizia scolastica e universitaria, i servizi ausiliari (trasporto, vitto/alloggio, doposcuola, assistenza sanitaria/dentistica) e gli interventi di diritto allo studio (buoni libro, mense, convitti e contributi ai trasporti). Di contro, il settore 11-Interventi in campo sociale (assistenza e beneficenza) presenta un perimetro strutturalmente eterogeneo, perché ricomprende attività di protezione sociale legate a insufficienza di risorse o disagio (malattia/invalidità, vecchiaia/superstiti, interventi a favore della famiglia, occupazione, edilizia abitativa, esclusione sociale), includendo prestazioni monetarie e in natura finanziate dalla fiscalità generale e l'offerta di servizi sociali alla persona anche tramite strutture residenziali o assistenza domiciliare. Proprio questa ampiezza classificatoria implica che, nel tracciato CPT, non risulta possibile estrapolare direttamente la sola spesa per asili nido dal totale degli interventi in campo sociale: gli asili nido si collocano dentro un aggregato che incorpora molteplici sotto-funzioni sociali e familiari e, senza una disaggregazione ulteriore (non prevista "nativamente" nei CPT), il dato rimane indistinto. Tale limite non è solo descrittivo: rende più debole la capacità di programmare e valutare politiche di espansione dei servizi 0-3, soprattutto in una fase in cui la normativa ha introdotto obiettivi/standard minimi e meccanismi di monitoraggio per il potenziamento dei posti nei servizi educativi per l'infanzia, connessi ai livelli essenziali e ai criteri di riparto delle risorse. In termini di policy, separare contabilmente (e statisticamente) la componente "asili nido" dal totale del settore 11 è dunque necessario per una molteplicità di ragioni: (i) stimare fabbisogni e costi unitari coerenti con l'aumento di copertura posti/utenti (i.e. obiettivi di copertura fissati nelle note operative di monitoraggio), (ii) misurare gap territoriali e progressi verso i target, e (iii) costruire LEP/obiettivi di servizio operativi e finanziariamente sostenibili, evitando che la spesa per nidi venga "diluita" in un aggregato sociale che comprende prestazioni e servizi di natura molto diversa.

Nel sistema italiano multilivello, i Livelli essenziali delle prestazioni (LEP) rappresentano lo strumento con cui l'ordinamento assicura una soglia irriducibile e uniforme di tutela dei diritti civili e sociali sull'intero territorio nazionale: la Costituzione attribuisce allo Stato la

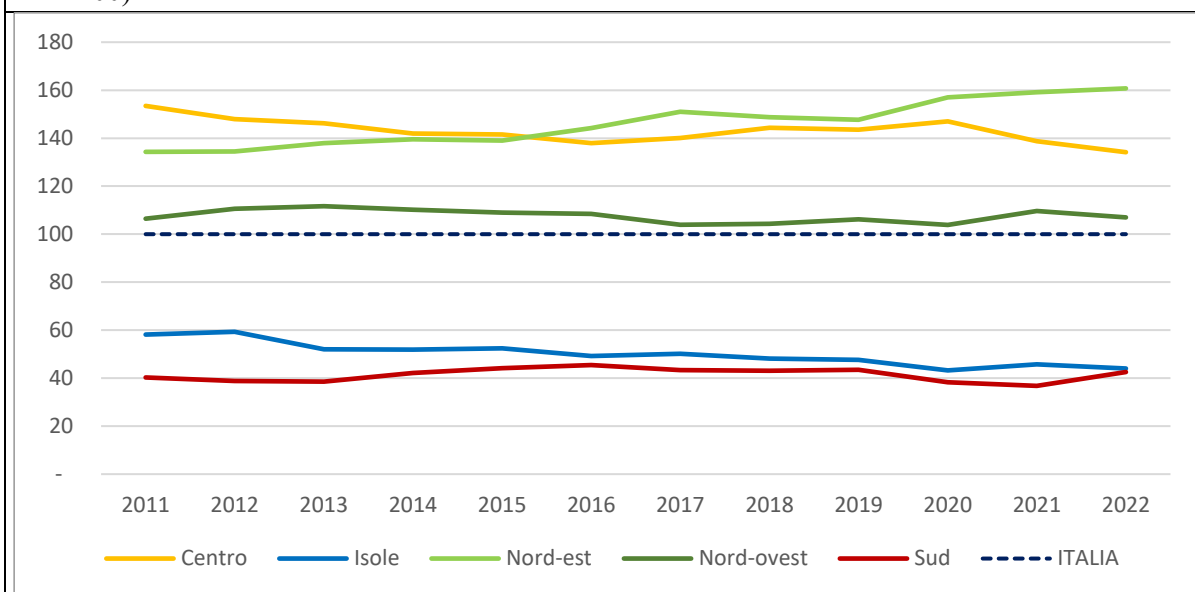
L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

competenza esclusiva sulla loro determinazione (art. 117, co. 2, lett. m), configurando i LEP come “pavimento” di cittadinanza che vincola Regioni ed enti locali e, in prospettiva di federalismo fiscale e di autonomia differenziata, funge da criterio di legittimazione e coordinamento tra differenziazione territoriale e uguaglianza sostanziale. In tale cornice, la questione degli asili nido è paradigmatica perché intreccia un diritto sociale con forti esternalità (sviluppo cognitivo e riduzione delle disuguaglianze educative precoci), un obiettivo di economia politica (aumento dell'occupazione femminile e conciliazione) ed un persistente divario territoriale nell'offerta. La legge n. 234/2021 (legge di bilancio 2022) ha esplicitamente collegato il potenziamento dei nidi all'attuazione dell'art. 117, co. 2, lett. m, definendo un livello minimo da garantire come numero di posti nei servizi educativi per l'infanzia (richiamati nel d.lgs. n. 65/2017) “equivalenti” in termini di costo standard al tempo pieno, in proporzione alla popolazione 3-36 mesi, fissato al 33% su base locale (Comune o bacino territoriale), inclusivo del servizio privato, con obiettivi annuali progressivi e raggiungimento a regime entro il 2027, dando priorità ai territori più svantaggiati e prevedendo riparto con decreto e disciplina di monitoraggio dell'uso delle risorse. L'implementazione concreta del LEP/obiettivo essenziale sui nidi è stata strutturata attraverso la filiera tecnica degli obiettivi di servizio e dei fabbisogni standard, con metodologie ufficiali di attribuzione risorse e rendicontazione/monitoraggio predisposte in sede MEF–CTFS, che rendono il LEP non solo un enunciato di principio ma una regola operativa di convergenza territoriale, pur lasciando aperte criticità tipiche (capacità amministrativa locale, tempi di investimento, disponibilità di personale educativo, governance pubblico-privato) che possono incidere sull'effettività della garanzia minima.

Data la sostanziale impossibilità di estrapolare la spesa per i servizi educativi e per gli asili nido dal sett. 11, nelle successive analisi si è deciso di utilizzare esclusivamente i dati forniti dall'ISTAT (Fig. 13).

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

Fig. 13. Andamento della spesa dei comuni per nidi e sezioni primavera, ripartizione per macro area, anni 2011-2022 (valori deflazionati, p2015; pro capite; media ponderata per popolazione 0/3; IT = 100)



Fonte: ns. elaborazione su dati ISTAT, valori deflazionati a prezzi 2015.

La spesa comunale pro capite è altamente diseguale e non ricalca perfettamente la dotazione di posti (Fig. 8). Nel periodo, il Nord-est cresce in modo marcato, il Centro resta molto sopra media (benché in calo), il Nord-ovest è prossimo alla media, mentre Sud ed Isole permangono su livelli molto bassi, con variazioni contenute.

La lettura economica più informativa è che la spesa comunale incorpora capacità fiscali e vincoli di bilancio locali, preferenze di policy, struttura dell'offerta pubblico/privato e capacità amministrativa di progettare e gestire servizi. La compresenza di gap di spesa e gap di dotazione suggerisce che la convergenza nei posti (parziale, Fig. 8) non è spiegata solo dalla finanza comunale: entrano in gioco anche altri canali (investimenti/gestione privata, trasferimenti, regolazione). In ottica di valutazione, diventa essenziale distinguere tra "spesa" e "output di servizio" e misurarne l'efficienza relativa.

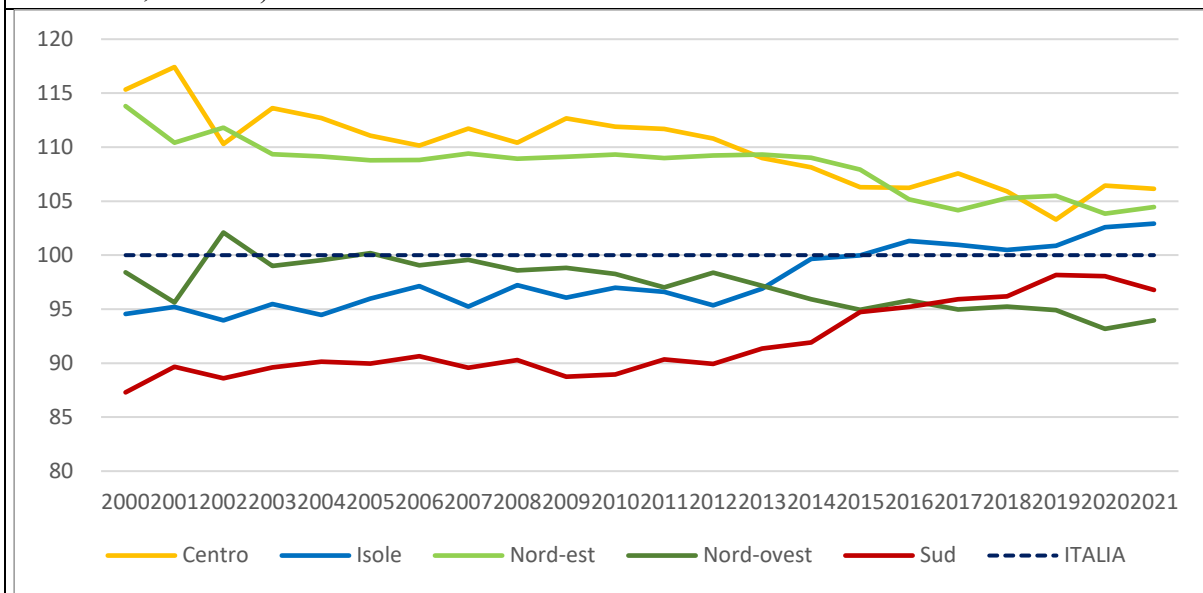
In materia di istruzione, la nozione di LEP si innesta su un doppio fondamento costituzionale: da un lato, la competenza esclusiva statale a determinare i livelli essenziali delle prestazioni concernenti diritti civili e sociali (art. 117, co. 2, lett. m), dall'altro, la competenza statale sulle norme generali sull'istruzione (art. 117, co. 2, lett. n), in funzione della garanzia del diritto allo studio sancito dall'art. 34 della Costituzione. In termini operativi, l'area in cui i LEP assumono

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

maggiore concretezza non è tanto la definizione curricolare o dell'ordinamento (riconducibili alle "norme generali"), quanto la dimensione "welfaristica" dell'istruzione, cioè l'insieme di prestazioni e servizi strumentali che rendono effettivo l'accesso e la permanenza nei percorsi scolastici, attenuando vincoli economici e territoriali. In questa prospettiva, il d.lgs. n. 63/2017 qualifica espressamente l'obiettivo di assicurare su tutto il territorio nazionale l'effettività del diritto allo studio e definisce le prestazioni in relazione ai servizi erogati da Stato, Regioni ed EE.LL.; tra i servizi essenziali elenca trasporto e agevolazioni della mobilità, mensa, fornitura di libri di testo e strumenti didattici indispensabili, nonché i servizi per studenti ricoverati e per l'istruzione domiciliare. La disciplina dei beneficiari e delle compartecipazioni economiche è poi ancorata a criteri di accesso che, in caso di contribuzione, devono considerare l'ISEE, preservando la gratuità totale quando già prevista: un impianto che traduce il LEP in un meccanismo di uniformazione "minima" delle condizioni di fruizione, lasciando margini di programmazione ai territori ma impedendo che l'offerta di servizi strumentali (e quindi le opportunità educative) dipenda integralmente dalla capacità fiscale locale. In chiave di economia politica, la rilevanza dei LEP nell'istruzione emerge anche come vincolo ex ante nei processi di regionalizzazione: la Corte Costituzionale ha chiarito che, quando l'attribuzione di funzioni incide su diritti civili e sociali, essa non può prescindere dalla previa determinazione del LEP pertinente (e del relativo costo standard), a presidio dell'eguaglianza sostanziale e della coesione territoriale.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

Fig. 14. Andamento della spesa media del settore 00005 – Istruzione, spesa totale, ripartizione per macro area, anni 2000-2021 (valori deflazionati, p2015; pro capite; media ponderata per popolazione 3/25; IT = 100)



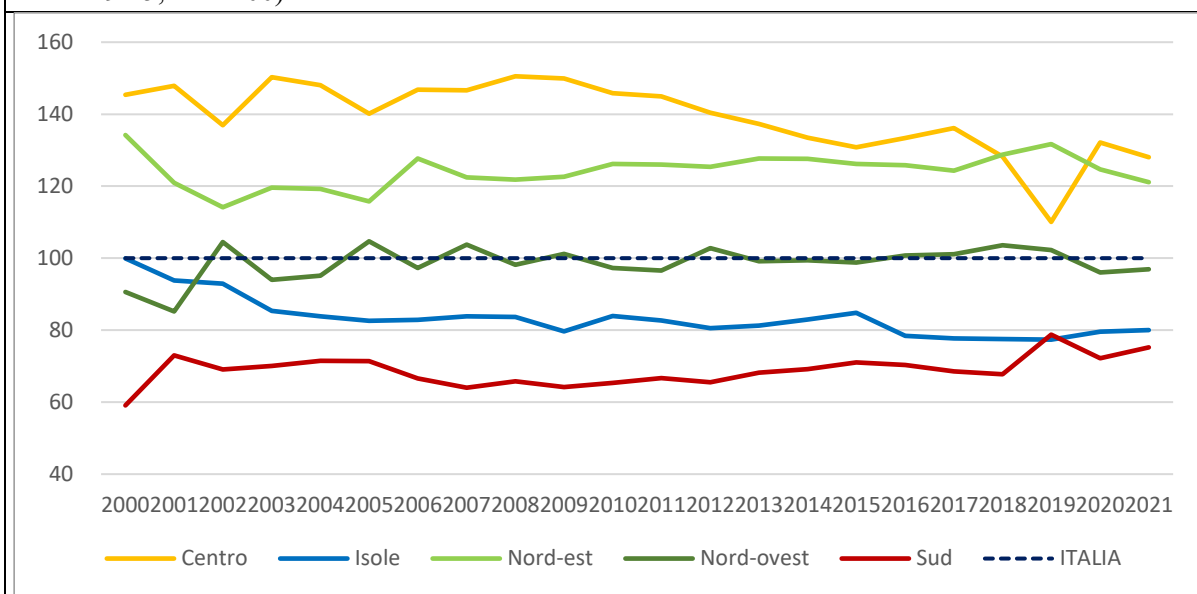
Fonte: ns. elaborazione su dati CPT e ISTAT, valori deflazionati a prezzi 2015.

La spesa totale per istruzione (Fig. 14) evidenzia una convergenza relativa: Centro e Nord (sopra media a inizio anni 2000) diminuiscono verso valori prossimi a 100, mentre Sud ed Isole mostrano un trend crescente. Nel 2021 le differenze risultano più contenute rispetto al 2000, pur mantenendo eterogeneità.

Il punto analitico è che questa convergenza di spesa non va interpretata automaticamente come convergenza di opportunità o risultati. Una parte può riflettere effetti demografici (Fig. 4 e 12), un'altra parte riallocazioni di risorse e/o differenze di costo. Inoltre, la mancata convergenza negli esiti (Fig. 7) suggerisce che continuo la composizione della spesa (corrente vs. capitale, personale vs. servizi), la qualità della governance e la capacità di trasformare input finanziari in output educativi.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

Fig. 15. Andamento della spesa media del settore 00005 – Istruzione, spesa Università, ripartizione per macro area, anni 2000-2021 (valori deflazionati, p2015; pro capite; media ponderata per popolazione 19/25; IT = 100)



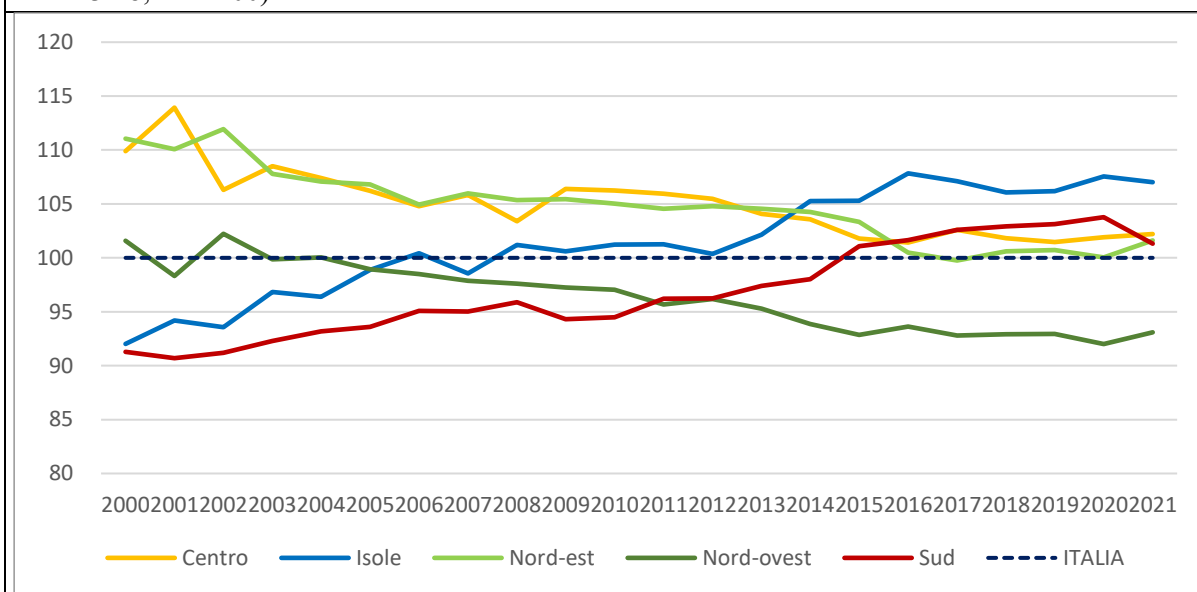
Fonte: ns. elaborazione su dati CPT e ISTAT, valori deflazionati a prezzi 2015.

La componente di spesa universitaria (Fig. 15) presenta ancora una forte concentrazione: il Centro resta molto sopra media, pur riducendosi, il Nord-est è sopra media, ma in calo, il Sud aumenta, riducendo parzialmente il divario, e le Isole scendono sensibilmente sotto media. Ne emerge una convergenza parziale e asimmetrica, con persistenza di poli di spesa elevata.

Dal lato economico, questa distribuzione è coerente con concentrazione di grandi atenei e poli di ricerca, differenze nella composizione della popolazione studentesca e nella mobilità, e capacità di attrarre risorse (anche extra-bilancio) che possono riflettersi nei flussi contabilizzati. Il fatto che, nello stesso arco, la quota di immatricolati per residenza nel Sud diminuisca (Fig. 11) suggerisce un possibile disallineamento tra domanda territoriale e spesa territoriale, che va indagato distinguendo residenza, sede dell'ateneo e migrazioni studentesche.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

Fig. 16. Andamento della spesa media del settore 00005 – Istruzione, spesa Scolastica, ripartizione per macro area, anni 2000-2021 (valori deflazionati, p2015; pro capite; media ponderata per popolazione 3/18; IT = 100)



Fonte: ns. elaborazione su dati CPT e ISTAT, valori deflazionati a prezzi 2015.

La spesa scolastica pro capite (Fig. 16) mostra un esito ancora più netto: Sud ed Isole aumentano fino a collocarsi intorno/sopra la media nel 2021, mentre Nord-ovest e Nord-est scendono sotto di quota 100. In pratica, il differenziale Nord-Sud nella spesa scolastica si riduce e tende persino ad invertirsi.

L'interpretazione economica richiede cautela: un aumento relativo della spesa pro capite può derivare da miglioramenti reali di dotazioni e servizi, ma anche da contrazione degli studenti (denominatore) e da rigidità di costo (ad esempio personale) che rendono la spesa meno proporzionale al numero di alunni. Il confronto con Fig. 7 è quindi informativo: se ad una convergenza (o inversione) di spesa non corrisponde una convergenza negli apprendimenti, l'ipotesi da testare è un differenziale di efficienza/efficacia e di contesto socio-economico, oltre che un diverso mix di interventi (tempo pieno, infrastrutture, qualità docente, dispersione).

È opportuno sottolineare che la lettura proposta è di natura descrittiva e non identifica di per sé relazioni causali. Tuttavia, la presenza di un break temporale nella prima metà degli anni 2010 e la successiva convergenza incompleta costituiscono un indizio robusto della rilevanza delle dimensioni territoriali nella dinamica della spesa per istruzione e motivano l'impiego di analisi

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

econometriche che consentano di separare trend di lungo periodo, shock comuni e fattori specifici locali.

4.3. Analisi preliminari con modelli di regressione lineare multipla

Nel prosieguo, in via preliminare, prima di procedere all'applicazione delle metodologie di analisi dell'efficienza, si è ritenuto utile procedere con un'analisi econometrica basata su modelli di regressione multipla. Saranno discusse le applicazioni di modelli in cui le variabili dipendenti sono, rispettivamente, quota della popolazione laureata 25-64 anni sul totale della popolazione (Eq. #1), media dei punteggi (inglese L., inglese R., italiano e matematica) INVALSI (Eq. #2) e tasso di occupazione femminile 15-64 anni (Eq. #3).

Per ogni equazione, dopo aver presentato la matrice di correlazione tra le variabili, si procederà all'applicazione dei modelli econometrici individuati. La strategia empirica implementata combina FE con errori clusterizzati e due varianti FGLS per testare la robustezza ad eteroschedasticità, autocorrelazione e shock comuni. In un panel con poche annualità, i modelli che stimano strutture ricche di covarianza tra unità (panel "correlati") possono diventare numericamente instabili: per rendere l'inferenza più solida in presenza di possibile dipendenza cross-section (shock nazionali, spillover), una via standard nella letteratura è adottare errori robusti alla dipendenza spaziale/temporale. I modelli FGLS "correlated" sono, conseguentemente, utilizzati come stress test.

Tab. 5. Matrice di correlazione tra le variabili (Eq. #1)

pwcorr	pop_laur_s utot	r_exp_istr_ pc	imm_reg_at eneo	pil_r_pc	p_aut_pop0 2_ansp_tot	n_iscr_laur_ tot	IQI_reg
pop_laur_sutot	-						
r_exp_istr_pc	0.1712***	-					
imm_reg_ateneo	0.2585***	0.5056***	-				
pil_r_pc	0.2683***	0.4607***	0.2669***	-			
p_aut_pop02_ansp_tot	0.7470***	0.2139***	0.0831	0.6807***	-		
n_iscr_laur_tot	0.3025***	0.5012***	0.9644***	0.2247***	0.0312	-	
IQI_reg	0.3241***	0.3321***	0.0935	0.8151***	0.6833***	0.0467	-

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: ns. elaborazione.

La matrice di correlazione della prima equazione (Tab. 5) documenta un gradiente territoriale di sviluppo: lo stock di capitale umano, in termini di quota della popolazione laureata 25-64

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

anni sul totale della popolazione ($\ln_pop_laur_sutot$), risulta fortemente associato alla copertura dei servizi educativi per la prima infanzia (posti autorizzati 0-2 anni; $p_aut_pop02_ansp_tot$), e in misura più moderata al PIL reale pro capite (pil_r_pc) ed alla qualità istituzionale regionale (IQI_reg). In chiave economica, tali associazioni descrittive sono coerenti con l'idea che la dotazione di servizi educativi 0-2 anni operi come infrastruttura sociale complementare all'accumulazione di capitale umano, riducendo vincoli di cura e sostenendo investimenti familiari e partecipazione al lavoro; inoltre, si evidenzia come reddito e qualità delle istituzioni catturino condizioni di contesto (opportunità economiche, efficienza della PA, qualità dei servizi) che tendono a co-variare con gli esiti di sviluppo. Questa lettura è allineata sia all'evidenza comparata sul ruolo dei servizi di *early childhood education and care* (ECEC) nella partecipazione femminile e negli obiettivi di policy europei, sia alla letteratura sulla formazione delle competenze lungo il ciclo di vita (con complementarità dinamica tra investimenti precoci e successivi).

Sul piano diagnostico, la matrice segnala però vincoli rilevanti per l'inferenza multivariata. In particolare, la quasi-collinearità tra immatricolazioni (imm_reg_ateneo) ed iscritti ($n_iscr_laur_tot$) indica che entrambe approssimano la "scala/attrattività" del sistema universitario regionale: includerle congiuntamente può ridurre precisione e significatività per sovrapposizione informativa. Inoltre, l'elevata correlazione tra PIL, qualità istituzionale e copertura 0-2 suggerisce che tali variabili rappresentano aspetti diversi dello stesso cluster di sviluppo; di conseguenza, nei modelli che isolano la sola variazione intra-regione nel tempo (effetti fissi) una parte consistente della varianza "strutturale" interregionale viene rimossa e i coefficienti possono ridursi o mutare al variare della specificazione.

Tab. 6. Risultati regressioni Equazione #1

Quota pop. laureata 25-64 anni su tot. pop. (pop_laur_sutot ; log)	(1) FE (cluster)	(2) FGLS het+AR(1)	(3) FGLS correlated
Spese settore 5-Istruzione pro capite (reale, $p2015, pop_3-18_tot$) - log	0.246*** (0.084)	0.132*** (0.051)	0.150** (0.061)
Immatricolati a corsi di laurea per regione dell'ateneo (numero totale, pubb./priv.) - log	0.240** (0.097)	0.084** (0.037)	-0.000 (0.040)
PIL reale pro capite ($p2015$) - log	0.162 (0.104)	0.193*** (0.072)	0.342*** (0.087)
Posti autorizzati per 100 bambini di 0-2	0.288***	0.275***	0.271***

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

anni. Asili nido/sezioni primavera (Numero totale, pubb./priv.) - log	(0.073)	(0.026)	(0.037)
Iscritti a corsi universitari (numero totale, pubb./priv.) - log	0.000 (0.129)	-0.042 (0.036)	0.038 (0.040)
Institutional Quality Index - regionale	-0.426*** (0.133)	-0.393*** (0.078)	-0.560*** (0.070)
Nord-est		-0.005 (0.027)	0.121*** (0.025)
Centro		0.127*** (0.031)	0.120*** (0.038)
Sud		0.066 (0.045)	0.036 (0.041)
Isole		-0.243*** (0.062)	0.000 (.)
Statuto regione (dummy "stat_speciale" = 1)		0.112*** (0.042)	0.000 (.)
Constant	-15.810*** (1.911)	-13.334*** (0.691)	-14.932*** (1.154)
Osservazioni	160	160	160
Gruppi	20	20	20

Standard errors in parentheses; * p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01

Fonte: ns. elaborazione.

Nel modello panel a effetti fissi regionali (FE), l'associazione tra regressori e stock di laureati va interpretata come relazione within: a parità di caratteristiche regionali invariante (dotazioni storiche, struttura produttiva persistente, capitale sociale), si osserva che l'aumento della spesa reale per istruzione pro capite ($r_exp_istr_pc$, in log) e della copertura dei servizi 0-2 ($p_aut_pop02_ansp_tot$, in log) si associa a un incremento dello stock di laureati. Poiché sia variabile dipendente sia regressori principali sono in logaritmo, i coefficienti rappresentano l'elasticità: un +1% della copertura di posti 0-2 è associato a un aumento percentuale dello stock di laureati di ordine comparabile alla stima del coefficiente; analogamente per la spesa in istruzione. In termini economici, l'effetto della copertura 0-2 è coerente con un canale di lungo periodo: disponibilità di servizi educativi e di cura come infrastruttura che facilita scelte di lavoro ed investimento educativo delle famiglie, oltre a segnalare capacità amministrativa e qualità dell'offerta pubblica. La letteratura (OCSE/UE) documenta infatti una relazione stretta tra disponibilità di ECEC e partecipazione femminile, con implicazioni indirette su redditi familiari, stabilità occupazionale e investimenti nei figli.

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

Al contrario, la misura di qualità istituzionale (iqi_reg) entra con segno negativo e significativo in tutte le specificazioni. Poiché IQI è in livelli mentre la dipendente è in log, il coefficiente va letto come semi-elasticità: variazioni dell'indice (nella sua scala) si associano a variazioni percentuali di $\ln_pop_laur_sutot$. La discordanza tra correlazione bivariata positiva e coefficiente condizionato negativo è compatibile con due meccanismi non mutuamente esclusivi: collinearità/over-controlling (iqi_reg è altamente correlato con PIL e copertura 0–2, che assorbono la componente “virtuosa” del contesto) e dinamiche endogene (riforme/azioni istituzionali che migliorano l'indice in periodi o aree in cui lo stock di capitale umano cresce meno, oppure misure che catturano componenti time-variant non perfettamente allineate con i flussi di capitale umano). In altre parole, il segno negativo potrebbe riflettere l'informazione residua di iqi_reg “al netto” delle dimensioni di sviluppo già incluse. Tale cautela è particolarmente importante perché la letteratura macro-istituzionale, anche su dati regionali europei, trova tipicamente relazioni positive tra qualità istituzionale e performance economica in orizzonti medio-lunghi. La strategia empirica combina un modello panel a effetti fissi (FE) con due varianti di FGLS, al fine di verificare la robustezza dei risultati sotto differenti assunzioni sugli errori. In primo luogo, il mod. FE è appropriato in presenza di determinanti regionali non osservate ma persistenti (i.e. dotazioni storiche, capitale sociale, caratteristiche strutturali) potenzialmente correlate con i regressori: l'elevato valore stimato di ρ (ca. 0,91) conferma che gran parte della varianza è attribuibile a eterogeneità specifiche di regione, giustificando l'inclusione di effetti fissi regionali. Inoltre, l'uso di errori standard clusterizzati per regione rende l'inferenza robusta in presenza di eteroschedasticità e autocorrelazione seriale non esplicitamente modellate. In secondo luogo, i modelli FGLS sono impiegati come controlli di robustezza imponendo strutture alternative dell'errore: pannelli eteroschedastici con AR(1) comune, per catturare una plausibile dipendenza temporale residua nelle serie regionali; pannelli eteroschedastici con correlazione contemporanea tra sezioni (panels(correlated)), per ammettere shock comuni ed interdipendenze regionali (ad esempio politiche nazionali o cicli economici) che possono generare covarianze tra regioni. L'inclusione nei FGLS di controlli strutturali di livello (macro-area geografica e statuto regionale speciale) aiuta a catturare differenze territoriali ampie quando non si usano effetti fissi. Tuttavia, il modello FGLS con pannelli correlati presenta avvertimenti di matrice non definita (inversione generalizzata), dato l'elevato numero di parametri di covarianza rispetto alle osservazioni: ciò indica potenziali problemi di identificazione numerica e

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. Un'analisi economica interregionale con dati CPT**

stabilità, per cui tale specifica va interpretata soprattutto come stress test diagnostico. In sintesi, il FE rappresenta la specifica principale per identificare le relazioni *within* (intra-regionali) depurate dai fattori omessi invariati, mentre i due FGLS verificano la tenuta dei risultati rispetto a ipotesi di autocorrelazione seriale e di shock comuni interregionali.

Passando all'analisi della seconda equazione, per gli esiti di apprendimento², le correlazioni bivariate (Tab. 7) mostrano un forte divario Nord-Sud/ricchezza: *invsc_mean* è molto correlato con PIL, qualità istituzionale e copertura 0–2, delineando un profilo in cui contesto economico-istituzionale e infrastrutture sociali co-variano con le performance medie.

Tab. 7. Matrice di correlazione tra le variabili (Eq. #2)

pwcorr	invsc_mean	r_exp_sc_pc	pil_r_pc	p_aut_pop02 _ansp_tot	iqi_reg	nmf
invsc_mean	-					
r_exp_sc_pc	0.2175***	-				
pil_r_pc	0.7757***	0.4498***	-			
p_aut_pop02_ansp_tot	0.7186***	0.1925***	0.6807***	-		
iqi_reg	0.8426***	0.3274***	0.8151***	0.6833***	-	
nmf	0.1788***	0.1649***	0.4362***	-0.1071	0.3515***	-

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: ns. elaborazione.

Nelle stime FE (Tab. 8), tuttavia, l'interpretazione è nuovamente *within*: la variabilità sfruttata è quella temporale intra-regione, depurata dalle differenze persistenti. In tale prospettiva, tre risultati sono economicamente informativi.

Tab. 8. Risultati regressioni Equazione #2

Media dei punteggi INVALSI (<i>invsc_mean</i> ; log)	(1) FE (cluster)	(2) FGLS het+AR(1)	(3) FGLS correlated
Spese settore 5-Istruzione pro capite (spesa scolastica, reale, p2015, <i>pop_3-18_tot</i>) - log [lag 1 anno]	-0.029 (0.044)	-0.008 (0.011)	-0.003 (0.006)
PIL reale pro capite (p2015) - log	0.093*** (0.022)	0.034*** (0.012)	0.005 (0.009)
Posti autorizzati per 100 bambini di 0-2 anni. Asili nido/sezioni primavera (Numero totale, pubb./priv.) - log	0.005 (0.015)	0.013* (0.008)	0.023*** (0.003)
Figli per donna (numero medio) - log	-0.104***	-0.038**	-0.020***

² Media dei punteggi INVALSI (*invsc_mean*: punteggio wle medio, calcolato per i gradi 8, 10 e 13, nelle materie: inglese L., inglese R., italiano e matematica).

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

	(0.018)	(0.016)	(0.006)
Institutional Quality Index - regionale	0.060*	0.064***	0.084***
	(0.033)	(0.014)	(0.008)
Nord-est		0.000	0.000
		(0.006)	(0.006)
Centro		-0.004	-0.011***
		(0.005)	(0.003)
Sud		-0.007	-0.009
		(0.009)	(0.008)
Isole		-0.044***	-0.031***
		(0.012)	(0.007)
Statuto regione (dummy "stat_speciale" = 1)		0.013	0.000
		(0.008)	(.)
Constant	4.561***	4.950***	5.163***
	(0.318)	(0.129)	(0.086)
Osservazioni	200	200	200
Gruppi	20	20	20
Standard errors in parentheses; * p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01			

Fonte: ns. elaborazione.

Primo, il PIL pro capite mantiene un'associazione positiva e robusta: in regioni che crescono relativamente di più nel tempo, gli apprendimenti medi tendono a migliorare, coerentemente con canali di risorse (famiglie, EE.LL., scuola) e contesto. Secondo, la qualità istituzionale entra con segno positivo, suggerendo che miglioramenti nella capacità amministrativa/qualità dei servizi (o riduzione di inefficienze) sono associati ad esiti migliori: questa evidenza è coerente con il ruolo delle istituzioni come "tecnologia di produzione" dei beni pubblici, inclusa l'istruzione. Terzo, la copertura di posti in asili nido tende a diventare più rilevante nelle specificazioni che ammettono correlazione contemporanea fra regioni, coerentemente con l'idea che servizi per la prima infanzia incidano su competenze e risultati con canali multipli e orizzonti differiti (investimenti precoci, complementarità con input successivi).

La variabile di spesa scolastica laggata non risulta invece robusta nelle specifiche riportate: ciò è compatibile sia con problemi di misura (spesa come proxy imperfetta di qualità/efficienza), sia con comportamenti di policy reattivi (spesa compensativa) che attenuano il contenuto causale nel breve periodo. In sintesi, nei dati disponibili, contesto economico-istituzionale ed infrastruttura dei servizi educativi emergono come driver più stabili rispetto alla sola dinamica della spesa.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. Un'analisi economica interregionale con dati CPT**

Per il tasso di occupazione femminile, la matrice di correlazione evidenzia co-movimenti molto elevati con PIL, qualità istituzionale e copertura di posti in asili nido: il mercato del lavoro femminile appare dunque inserito nello stesso cluster di sviluppo territoriale. In FE, il PIL pro capite mostra un effetto positivo ampio e molto significativo, coerente con un canale di domanda di lavoro e opportunità occupazionali.

La coerenza di questo risultato è mantenuta anche nell'analisi dell'ultima equazione stimata (Eq. #3). La copertura dei servizi educativi 0-2 anni, come mostrato nella Tab. 9, è positiva e significativa: a parità di condizioni strutturali della regione, aumenti dell'accessibilità ai servizi riducono vincoli di cura e sostengono l'offerta di lavoro femminile.

Tab. 9. Matrice di correlazione tra le variabili (Eq. #3)

pwcorr	t_occ_15_64_f	r_exp_sc_pc	pil_r_pc	p_aut_pop02 _ansp_tot	iqi_reg
t_occ_15_64_f	-				
r_exp_sc_pc	0.2602**	-			
pil_r_pc	0.8936***	0.4498***	-		
p_aut_pop02_ansp_tot	0.8656***	0.1925***	0.6807***	-	
iqi_reg	0.9013***	0.3274***	0.8151***	0.6833***	-

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: ns. elaborazione.

Questa interpretazione è pienamente coerente sia con l'evidenza OCSE sulla relazione tra disponibilità ECEC e partecipazione delle madri, sia con il rationale dei target europei di Barcellona (33% per 0-3) esplicitamente orientati a rimuovere disincentivi alla partecipazione femminile. Anche la qualità istituzionale risulta positiva in FE ed in FGLS con AR(1), suggerendo che contesti amministrativi più efficaci e affidabili possono favorire l'occupazione femminile attraverso qualità dei servizi, certezza regolatoria e funzionamento dei mercati locali (Tab. 9).

Tab. 10. Risultati regressioni Equazione #2

Tasso di occupazione femminil 15-64 anni (invsc mean; log)	(1) FE (cluster)	(2) FGLS het+AR(1)	(3) FGLS correlated
Spese settore 5-Istruzione pro capite (spesa scolastica, reale, p2015, pop_3-18_tot) - log [lag 1 anno]	0.046 (0.076)	0.110*** (0.030)	0.055 (0.160)
PIL reale pro capite (p2015) - log	0.290*** (0.057)	0.278*** (0.036)	0.348 (0.296)
Posti autorizzati per 100 bambini di 0-2 anni. Asili nido/sezioni primavera (Numero totale, pubb./priv.) - log	0.078**	0.210***	0.183**

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

	(0.037)	(0.031)	(0.084)
Figli per donna (numero medio) - log	0.195** (0.069)	0.275*** (0.051)	0.011 (0.401)
Institutional Quality Index - regionale	0.010 (0.076)	-0.154** (0.071)	-0.109 (0.278)
Nord-est		-0.006 (0.017)	0.000 (.)
Centro		-0.002 (0.019)	-0.126 (0.084)
Sud		-0.156*** (0.033)	-0.246*** (0.092)
Isole		-0.135*** (0.038)	0.000 (.)
Constant	0.192 (0.425)	-0.583* (0.344)	-0.606 (3.857)
Osservazioni	80	80	80
Gruppi	20	20	20

Standard errors in parentheses; * p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01

Fonte: ns. elaborazione.

Le variabili di spesa (i.e. spesa scolastica pro capite) risultano più sensibili alle ipotesi sul termine d'errore: ciò suggerisce che la dimensione "monetaria" cattura anche variazioni di costi unitari e modalità organizzative (non monotone rispetto agli esiti), mentre la copertura misura più direttamente l'accesso effettivo al servizio, la dimensione economicamente più vicina al vincolo di cura.

4.4. Un esercizio di selezione delle variabili rilevanti con modello bayesselect

Il comando bayesselect stima un modello lineare bayesiano con una *prior* di *shrinkage horse-shoe*), concepita per contesti con molte covariate e rischio di *overfitting*: la componente "globale" governa il grado medio di penalizzazione, mentre la componente "locale" consente a pochi regressori di sottrarsi alla compressione e mantenere un coefficiente non trascurabile. In termini econometrici, si tratta di una regolarizzazione bayesiana continua che approssima un meccanismo di selezione delle variabili senza ricorrere ad un'inclusione/esclusione discreta in stile *spike-and-slab*³.

L'output si interpreta come segue:

³ Lo stile Spike-and-Slab ("picco e lastra") è un metodo statistico bayesiano utilizzato principalmente per la selezione delle variabili (variable selection) e la regolarizzazione in modelli di regressione, specialmente quando il numero di predittori "p" è elevato rispetto al numero di osservazioni "n" (Ishwaran & Rao, 2005).

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

- *mean* è la media a posteriori del coefficiente;
- l'intervallo credibile (95%) riassume l'incertezza a posteriori e, se include lo zero, indica che il segno/effetto non è sostenuto con sufficiente massa di probabilità;
- MCSE misura l'errore Monte Carlo e supporta la valutazione pratica della precisione numerica;
- l'IC (*inclusion coefficient*) sintetizza quanto frequentemente (o con quanta persistenza) il coefficiente resta "materiale" sotto shrinkage: valori più elevati segnalano un regressore che tende a resistere alla penalizzazione e a comportarsi come predittore relativamente più informativo nel campione.

Anche in questo caso, la metodologia sarà applicata su tre modelli differenti, al fine di individuare i predittori più informativi rispetto alle variabili di interesse, ovvero: quota della popolazione laureata 25-64 anni sul totale della popolazione (Mod. #1), media dei punteggi (inglese L., inglese R., italiano e matematica) INVALSI (Mod. #2) e tasso di occupazione femminile 15-64 anni (Mod. #3). Le variabili utilizzate, coerentemente con quanto necessario per l'applicazione dei modelli di machine learning, sono state preventivamente standardizzate in Z-score. Per i dettagli sui label delle variabili e sulle loro caratteristiche si rimanda al *data dictionary*.

Tab. 11. Risultati applicazione *Bayesian variable selection* (Mod. #1)

Bayesian variable selection	MCMC iterations	=	12,500		
Metropolis–Hastings and Gibbs sampling	Burn-in	=	2,500		
	MCMC sample size	=	10,000		
Global–local shrinkage coefficient prior:	Number of obs	=	14		
Horseshoe(1)	Acceptance rate	=	0.8574		
	Efficiency: min	=	0.02559		
	avg	=	0.4094		
	max	=	1		
Log marginal-likelihood = 803.80352					
				Equal-tailed	
z_pop_laur_sutot	Mean	Std. dev.	MCSE	[95% cred. interval]	IC
z_ln_n_atenei	0.1174243	0.1440252	0.0055673	-.0497587 .4577255	0.62
z_r_exp_ansp_pop 02_pc	0.2077791	0.3594739	0.0195835	-.1246091 1.142251	0.61
cod_istat					
Lazio	0.2507369	0.6328764	0.039566	-.1742166 2.259367	0.55
z_pil_r_pc	0.0651596	0.2202392	0.0054658	-.1672836 .7198838	0.53
z_ln_laur_tot_tot	0.076334	0.5552527	0.0123764	-.3470566 1.144015	0.53

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

z_ln_n_sc_priv_inf	-0.1162522	0.5148109	0.0173101	-1.788328	.2708277	0.52
z_ln_laur_tot_cd111 iv_m	0.1603637	0.7447385	0.026283	-.2992037	2.555275	0.52
z_ln_laur_tot_cdlv o_tot	0.0036023	0.2046759	0.0022655	-.3577744	.3745073	0.52
z_ln_pop_tot_f	-0.0195862	0.3307244	0.0049575	-.6197639	.4229556	0.52
z_ln_laur_tot_cdlm _f	0.0120565	0.3139849	0.0042122	-.4048056	.5537784	0.52
z_ln_n_classi_pub _sec2	-0.066593	0.5095888	0.0108689	-.9653628	.3367142	0.52
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlm_tot	0.0526146	0.2490533	0.0060237	-.2198601	.7285502	0.52
z_ln_pop_19_25_f	-0.0892739	0.5865046	0.0140741	-1.247173	.3126673	0.52
cod_istat						
Emilia-Romagna	-0.0317595	4.338329	0.0637614	-.6222067	.5853841	0.52
Sardegna	0.0039817	1.123608	0.0073271	-.5564786	.5703937	0.52
z_r_exp_sc_pc	0.0078147	0.2463925	0.0039101	-.3794121	.4414652	0.51
cod_istat						
Valle d'Aosta/Val- lée d'Aoste	-0.2005588	18.55957	0.1975651	-.6021734	.5603944	0.51
z_ln_pop_19_25_ _m	-0.108223	0.6698987	0.0171548	-1.665697	.3158158	0.51
z_ln_n_stu_pub_se _c1	-0.0946798	0.6060002	0.0165362	-1.475651	.2930913	0.51
z_ln_n_iscr_laur_p _ub	0.0048147	0.3547355	0.0050739	-.4679834	.540421	0.51
z_ln_laur_uni- vpriv_cdl1liv_tot	0.0594775	0.3405857	0.007003	-.2473792	.8819765	0.51
z_ln_laur_uni- vpub_cdlm_m	0.0027855	0.2404304	0.0031217	-.4006196	.4558524	0.51
z_ln_n_classi_tot_s _ec1	-0.0764082	0.5410033	0.0141365	-1.157232	.3234723	0.51
z_ln_laur_tot_cd111 iv_f	0.027364	0.389162	0.0070006	-.368822	.6218064	0.51
z_ln_laur_uni- vpriv_cdl1liv_f	0.0607355	0.2910131	0.0069932	-.2489832	.8838273	0.51
cod_istat						
Friuli-Venezia Giulia	0.0523584	12.01979	0.0773676	-.5508855	.5270207	0.51
z_ln_n_iscr_laur_2 _liv_pub	0.0148019	0.2812934	0.0040789	-.3511344	.535979	0.51
z_ln_n_classi_tot_s _ec2	-0.0777029	0.5196399	0.0197304	-1.134369	.3032053	0.51
z_ln_pop_tot	-0.0344853	0.3772067	0.0064184	-.73605	.405299	0.51
z_ln_n_sc_pub_sec _2	-0.100487	0.6092736	0.0187348	-1.519321	.3190295	0.51
z_ln_n_sc_pub_inf	-0.0266138	0.270112	0.0035397	-.5793393	.3223514	0.51
z_ln_n_iscr_laur_1 _liv_tot	0.0668535	0.4574148	0.0129805	-.313123	1.148506	0.51
z_ln_n_classi_pub _sec1	-0.0744592	0.5043898	0.0111269	-1.143692	.3393845	0.51

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

cod_istat						
Abruzzo	0.0089391	2.05445	0.0147435	-.4906828	.5595547	0.51
iqi_reg	0.0031776	0.2425635	0.0024256	-.4347271	.4644626	0.51
z_ln_pop_3_16_tot	-0.0428317	0.4377846	0.0078088	-.7435229	.3565345	0.51
z_ln_laur_uni- vpriv_m	0.0307946	0.2631598	0.0041939	-.2966036	.6109523	0.51
z_ln_laur_uni- vpriv_cd1m_m	0.0427984	0.189335	0.0043446	-.2127389	.5803425	0.5
z_ln_laur_uni- vpriv_cd1vo_m	0.0442869	0.1289705	0.0035503	-.1252716	.4057111	0.5
z_ln_laur_uni- vpub_cd1liv_tot	0.0447542	0.4435215	0.0098363	-.358928	.7567624	0.5
z_ln_n_laur_u	0.0423003	0.1842343	0.0036275	-.1947431	.5594569	0.5
z_ln_laur_tot_cd1liv_tot	0.0615555	0.458402	0.0114449	-.2959098	.8577068	0.5
z_ln_laur_tot_f	0.0762678	0.5975845	0.0199879	-.4072946	1.256628	0.5
z_ln_n_classi_priv _sec1	0.0193316	0.194947	0.0025887	-.2933301	.4843322	0.5
cod_istat						
Lombardia	-0.0049403	0.2149392	0.0027672	-.414899	.3626508	0.5
Molise	-1.269398	79.12429	1.152472	-.5997636	.5680219	0.5
z_ln_n_stu_priv_pr im	0.0031968	0.2224735	0.002761	-.3592424	.3784543	0.5
cod_istat						
Marche	0.0084832	0.9327327	0.00764	-.5341228	.5454068	0.5
z_ln_n_stu_pub_se c2	-0.044599	0.4531656	0.008046	-.7786853	.364063	0.5
z_ln_laur_uni- vpub_cd1vo_f	-0.0092916	0.1770316	0.002728	-.3717841	.2892144	0.5
z_ln_n_iscr_laur_2 liv_tot	0.0325463	0.3113635	0.0064609	-.3059403	.620663	0.5
z_ln_laur_uni- vpub_f	0.0064018	0.3363908	0.0052956	-.4370481	.4464807	0.5
z_ln_n_ins_prim	0.0298454	0.4261298	0.0071569	-.4102598	.6706247	0.5
z_ln_laur_uni- vpub_cd1liv_m	0.0756454	0.5192994	0.0164102	-.2539129	.9331811	0.5
z_ln_laur_uni- vpriv_f	0.0477586	0.288365	0.0059623	-.2330758	.6986326	0.5
z_ln_n_sc_tot_sec1	-0.0169153	0.307941	0.0048818	-.5685557	.3936259	0.5
z_ln_pop_3_18_m	-0.0422854	0.3915116	0.008603	-.6745055	.3105536	0.5
z_ln_imm_reg_res _pub	-0.0073692	0.3051941	0.0034294	-.4480253	.4101769	0.5
z_ln_n_stu_tot_sec 1	-0.0675646	0.5015352	0.0116776	-.9786421	.308972	0.5
z_ln_n_sc_tot_inf	-0.0666213	0.4425487	0.0104796	-.9103453	.2743517	0.5
z_ln_n_ins_sec2	-0.0346423	0.3746437	0.0068056	-.7715994	.3368092	0.5
z_ln_laur_uni- vpriv_tot	0.04763	0.3010874	0.0065868	-.2853935	.8334905	0.5
z_ln_pop_3_18_tot	-0.0450073	0.3929906	0.0061707	-.7736152	.3167853	0.5
z_ln_laur_uni- vpriv_cd1liv_m	0.0343709	0.263054	0.0056379	-.3146356	.6714081	0.5

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

cod_istat						
Sicilia	-0.0153127	0.1504659	0.0020135	-.3815404	.2537442	0.5
z_ln_n_classi_priv_prim	-0.0051403	0.2119143	0.0024122	-.3809202	.3639917	0.5
z_ln_imm_reg_ateneo_pub	0.0013506	0.2340572	0.0028554	-.3898311	.4143501	0.5
z_ln_n_classi_pub_prim	-0.063337	0.5139091	0.011611	-.9112318	.3153574	0.5
z_ln_pop_0_3_m	-0.0367105	0.4323238	0.0070978	-.7072364	.3226201	0.5
z_ln_n_stu_tot_inf	-0.0439817	0.4058757	0.0105207	-.7301121	.342639	0.5
z_ln_n_iscr_laur_priv	0.0179092	0.2125403	0.0033551	-.3010063	.476546	0.5
z_ln_n_sc_tot_prim	-0.0147782	0.2023934	0.0027864	-.4454715	.2976756	0.5
z_ln_laur_univpub_cdlm_tot	0.0060445	0.3268585	0.0054508	-.452132	.5026984	0.5
z_r_exp_univ_pc	0.0820608	0.3048383	0.0165569	-.234339	1.121961	0.5
z_ln_n_classi_tot_inf	-0.0529423	0.4712171	0.0095454	-.8564401	.3095304	0.5
z_ln_laur_univpub_m	0.0312725	0.3779262	0.0059263	-.3442367	.6257611	0.49
cod_istat						
Umbria	-0.0203523	1.583184	0.0174157	-.5912446	.5559124	0.49
z_ln_laur_tot_cdlm_m	0.024727	0.273359	0.0048485	-.3322976	.6105441	0.49
z_ln_laur_univpriv_cdlm_f	0.0377639	0.1859496	0.0032642	-.1992524	.5580235	0.49
z_ln_n_stu_pub_inf	-0.018705	0.3565049	0.0062411	-.5915483	.3514148	0.49
z_pop_3_25_tot	-0.0354821	0.2548019	0.0044937	-.6097693	.2595571	0.49
z_ln_laur_univpub_cdlm_f	0.0032823	0.3474213	0.0053175	-.445604	.4814384	0.49
z_ln_n_ins_inf	-0.0192786	0.2472298	0.0033036	-.4744347	.3071305	0.49
cod_istat						
Veneto	-0.0044781	1.16233	0.01124	-.5448401	.4819073	0.49
z_ln_pop_3_16_m	-0.0343862	0.3913397	0.0070553	-.6601811	.3129526	0.49
z_ln_p_aut_ansp_tot	0.0244811	0.182827	0.0029546	-.2355881	.4676783	0.49
z_ln_pop_tot_m	-0.02356	0.3606152	0.0062121	-.5055278	.3379872	0.49
z_ln_laur_univpub_cdlm_f	-0.0028898	0.340296	0.0052301	-.4971132	.4575768	0.49
z_ln_n_iscr_laur_magcu_tot	0.0051091	0.2949308	0.0040899	-.4478974	.5004027	0.49
z_ln_imm_reg_ateneo	0.0037488	0.3311637	0.0048702	-.3719714	.4725136	0.49
z_ln_laur_univpub_cdlvo_tot	-0.0125434	0.1951324	0.0025271	-.4464638	.3042408	0.49
cod_istat						
Campania	-0.0243467	0.2158366	0.0033754	-.4504614	.2635314	0.49
z_ln_imm_reg_res	-0.0195485	0.3280053	0.004442	-.5226845	.3607399	0.49

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

z_ln_n_sc_priv_se cl	0.0203204	0.1991495	0.0030629	-262253	.4364003	0.49
z_ln_n_stu_priv_in f	-0.0417106	0.2860027	0.0065997	-636008	.2417451	0.49
z_ln_p_aut_ansp_p riv	0.0352829	0.1865049	0.0029688	-2178002	.5415799	0.49
z_ln_imm_reg_res _priv	0.0079216	0.1714657	0.002099	-2965803	.3588815	0.49
z_ln_pop_3_18_f	-0.0568374	0.5005238	0.0110957	-8473506	.3053858	0.49
z_ln_n_iscr_laur_1 liv_pub	0.0194022	0.3114219	0.004585	-3171942	.4748784	0.49
cod_istat Liguria	-0.0047762	0.8986532	0.0077267	-5566427	.5209433	0.49
z_ln_n_classi_tot_ prim	-0.0395022	0.4428549	0.0090865	-691489	.3109437	0.49
z_ln_laur_tot_m	0.0635389	0.5139982	0.0111423	-281265	.9447874	0.49
z_ln_n_sc_pub_sec 1	-0.0189973	0.2453593	0.0028723	-4933228	.3179525	0.49
z_ln_laur_tot_cdlv o_f	0.0035288	0.1941753	0.0024849	-3253769	.336858	0.49
cod_istat Trentino-Alto Adige/Südtirol	-0.000767	0.8482469	0.0069316	-4615346	.4816663	0.49
z_ln_n_stu_tot_sec 2	-0.0609523	0.4980435	0.0115943	-1051483	.3171382	0.49
z_ln_laur_uni- vpub_cdlmcu_f	0.0408021	0.4423431	0.0101529	-3263125	.6861987	0.49
z_ln_n_stu_tot_pri m	-0.0372529	0.4113889	0.008569	-6415074	.3139227	0.49
z_ln_n_sc_tot_sec2	-0.0562696	0.4193641	0.0099548	-9167971	.3169775	0.49
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlvo_tot	0.0317337	0.1291531	0.0021286	-1672691	.3744433	0.49
z_ln_laur_tot_cdlm cu_tot	0.0485741	0.4045789	0.0074768	-3042572	.7281311	0.49
z_ln_pop_3_16_f	-0.0537831	0.4853712	0.0191646	-7854985	.3261501	0.49
z_ln_n_iscr_laur_ magcu_pub	-0.0154139	0.3329102	0.0042041	-5076535	.3445297	0.48
z_ln_laur_uni- vpub_cdlvo_m	-0.0143311	0.1661742	0.0022102	-3796464	.2616499	0.48
z_ln_n_laur_d	0.0419109	0.1797403	0.0037102	-1723953	.5736853	0.48
z_ln_p_aut_ansp_p ub	0.0148108	0.1492003	0.0022997	-2277963	.3495832	0.48
z_ln_n_iscr_laur_2 liv_priv	0.0310042	0.1898928	0.0032757	-227631	.5222506	0.48
z_ln_laur_tot_cdlm _tot	0.0227227	0.3715121	0.0114101	-389263	.6433828	0.48
z_ln_pop_0_3_f	-0.0161365	0.3492401	0.0049192	-5510767	.3841427	0.48
z_ln_laur_tot_cdlm cu_f	0.0619766	0.4211849	0.0095913	-2541836	.8462031	0.48
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlvo_f	0.0340662	0.1313821	0.0024341	-.15239	.388498	0.48
z_ln_laur_uni- vpub_cdlmcu_tot	0.0464678	0.4738411	0.0121606	-3418221	.6842387	0.48
z_ln_imm_reg_ate- neo_priv	0.0207058	0.1409663	0.0021031	-2102788	.3805253	0.48

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

z_ln_n_ansp_pub	0.0125471	0.1470113	0.001942	-235791	.3341818	0.48
z_ln_n_sc_priv_pri m	0.0021945	0.1920572	0.0024794	-.3535799	.3622801	0.48
l.stat	-0.012893	0.1599109	0.0020026	-.3760972	.2594222	0.48
z_ln_n_classi_priv _inf	-0.0469539	0.2957881	0.0072219	-.8135598	.2692804	0.48
z_r_exp_istr_pc	0.0059703	0.2183533	0.0039495	-.3575729	.433423	0.48
z_ln_n_iscr_laur_ magcu_priv	0.0031249	0.1566743	0.0023864	-.2805739	.3283473	0.48
cod_istat						
Toscana	-0.2700323	31.77308	0.286957	-.4789107	.50167	0.48
z_ln_n_stu_pub_pr im	-0.0426239	0.3964929	0.0097885	-.6986872	.3320597	0.48
z_ln_n_ins_sec1	-0.019613	0.3180653	0.0052154	-.5014444	.3010723	0.48
z_ln_n_stu_priv_se c1	0.0155553	0.1816025	0.0026832	-.2840077	.4250603	0.48
z_ln_n_laur_iniz_ w_tot	0.0197262	0.1478806	0.0025351	-.2130125	.4130286	0.48
z_ln_n_classi_priv _sec2	-0.0105555	0.1974771	0.0023554	-.3949201	.2916626	0.48
z_ln_n_iscr_laur_t ot	0.0315397	0.3925723	0.0067117	-.2954818	.5713737	0.48
z_ln_n_sc_priv_se c2	-0.0056733	0.1794161	0.002018	-.3497404	.307752	0.48
z_ln_n_classi_pub _inf	-0.0196248	0.3249075	0.0049623	-.5338017	.3471997	0.48
z_ln_laur_uni- vpub_tot	0.0140621	0.3686053	0.005574	-.3780298	.4906787	0.48
z_ln_laur_tot_cdln cu_m	0.0281494	0.2575145	0.0043721	-.300668	.5705164	0.47
z_ln_laur_tot_cdln o_m	-0.0081656	0.156136	0.0024758	-.3633443	.272251	0.47
cod_istat						
Calabria	0.0094526	0.2207781	0.0034608	-.3161355	.4335615	0.47
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlnmcu_tot	0.0085105	0.1630303	0.0022687	-.2986146	.3500021	0.47
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlnmcu_f	0.007086	0.1633625	0.0023375	-.2739731	.3517473	0.47
z_ln_laur_uni- vpub_cdlnmcu_m	0.0123994	0.2755201	0.0040888	-.3398235	.4204952	0.47
z_ln_pop_0_3_tot	-0.0205617	0.4241986	0.0073439	-.6029733	.3910657	0.47
z_ln_pop_19_25_t ot	-0.071367	0.5111808	0.0142676	-.9136853	.272627	0.47
z_va_r	0.008959	0.1341839	0.0017857	-.2398079	.3083005	0.47
cod_istat						
Basilicata	0.0269789	2.37301	0.0274327	-.4275086	.4308984	0.47
z_invsc_mean	-0.0097425	0.0931005	0.001197	-.2431817	.176963	0.47
z_ln_n_ansp_tot	0.00747	0.1528429	0.0020317	-.2606725	.3475824	0.47
z_ln_n_laur_tot	0.0109575	0.1282948	0.0018405	-.2228887	.3226604	0.47
z_ln_n_stu_priv_se c2	-0.00939	0.1938993	0.0024913	-.3985138	.2786912	0.47

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

z_ln_laur_uni- vpriv_cdImcu_m	0.0107442	0.1546687	0.001967	-.2515517	.3451773	0.47
z_ln_n_iscr_laur_1 liv_priv	0.0191082	0.2128648	0.003183	-.2924906	.4680791	0.47
z_ln_n_ansp_priv	0.0112248	0.1464282	0.0018081	-.244352	.3513946	0.46
cod_istat Puglia	-0.0089637	0.1566324	0.001784	-.3440687	.2541713	0.46
z_ln_n_sc_pub_pri m	-0.0204035	0.2028087	0.0032034	-.4263566	.237066	0.46
z_ln_n_occu_laur _cons	0.009285	0.1187716	0.0015319	-.2090719	.2867559	0.46
	0.6440965	0.8324104	0.021694	-.9938859	2.326915	
sigma2	0.064361	0.0504606	0.003219	.0137515	.2014201	
tau	0.0530826	0.028583	0.005149	.0142474	.1233652	

Fonte: ns. elaborazione.

Nel primo modello (N=14), i regressori con *inclusion coefficient* più alto (Tab. 10) sono $z_ln_n_atenei$ (0,62) e $z_r_exp_ansp_pop02_pc$ (0,61), seguiti a distanza da $z_pil_r_pc$ (0,53). Sul piano economico, la lettura è coerente con un doppio canale strutturale, connesso sia con la capacità/attrattività del sistema universitario (numero di atenei, proxy di densità dell'offerta terziaria e potenziale di assorbimento di immatricolazioni e flussi di studenti): regioni con ecosistemi universitari più "spessi" hanno tipicamente maggiori opportunità di accumulazione di capitale umano, anche per effetti di agglomerazione (specializzazioni, reti, esternalità di conoscenza). Sia con l'infrastruttura sociale per la prima infanzia, qui catturata dalla spesa pro capite per servizi: questa dimensione è economicamente rilevante perché incide su vincoli di cura e partecipazione al lavoro, e può riflettere capacità di policy locale nella produzione di servizi sociali; la letteratura OCSE documenta un legame stretto tra accesso ai servizi ECEC e partecipazione femminile, con implicazioni indirette su redditi familiari e investimenti educativi.

Tuttavia, anche per i due regressori "più inclusi" gli intervalli credibili includono lo zero: il risultato va quindi qualificato come evidenza direzionale (un gradiente plausibile) più che come stima conclusiva di un effetto marginale. In un campione così ridotto, con molte covariate potenzialmente collineari (demografia, numerosità scolastiche, componenti dei laureati per tipologia, dummies regionali), è fisiologico che il meccanismo *horseshoe* non produca una gerarchia netta: IC intorno a 0,50–0,53 segnala soprattutto che, dati i gradi di libertà disponibili, il modello non discrimina in modo robusto tra variabili con contenuto informativo sovrapposto.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. Un'analisi economica interregionale con dati CPT**

Nel secondo modello (Tab. 12), il predittore con IC più elevato è *iqi_reg* (0,61; media a posteriori positiva), seguito da un blocco coerente di variabili sui servizi educativi (dimensione e copertura: *z_ln_n_ansp_tot*, *z_ln_p_aut_ansp_tot*, *z_ln_n_ansp_pub/priv* con IC compreso nel range 0,54-0,5).

Tab. 12. Risultati applicazione *Bayesian variable selection* (Mod. #2)

Bayesian variable selection	MCMC iterations	=			12,500
Metropolis–Hastings and Gibbs sampling	Burn-in	=			2,500
	MCMC sample size	=			
Global–local shrinkage coefficient prior:	Number of obs	=			14
Horseshoe(1)	Acceptance rate	=			Horseshoe(1)
	Efficiency: min avg	=			
	max	=			1
Log marginal-likelihood = 925.9694					
z_invsc_mat	Mean	Std. dev.	MCSE	Equal-tailed [95% cred. interval]	IC
<i>iqi_reg</i>	0.8267532	1.506412	0.1854517	-.1292371 4.566957	0.61
<i>z_ln_n_ansp_tot</i>	0.203859	0.4782305	0.0256082	-.1176673 1.673819	0.58
<i>z_ln_p_aut_ansp_tot</i>	0.1502738	0.3968328	0.021793	-.1428026 1.44332	0.57
<i>z_ln_n_ansp_pub</i>	0.093569	0.2478916	0.0092701	-.1141478 .9355261	0.57
<i>z_ln_n_ansp_priv</i>	0.0872601	0.297165	0.0108675	-.1445696 1.117919	0.54
<i>z_pil_r_pc</i>	0.0998353	0.2713032	0.0159453	-.1106546 .9835568	0.53
<i>z_va_r</i>	0.0766306	0.227357	0.0103157	-.0960565 .8320507	0.53
<i>z_ln_laur_uni-vpriv_f</i>	-0.0470237	0.2545237	0.0071664	-.746996 .165961	0.52
<i>z_ln_n_stu_pub_in_f</i>	-0.0002465	0.2274596	0.0031885	-.3326997 .3163064	0.52
<i>cod_istat</i>					
Abruzzo	0.0232011	2.523234	0.02248	-.4405799 .4444863	0.52
<i>z_ln_pop_tot_f</i>	0.0504566	0.5349752	0.0122508	-.2093694 .6139917	0.52
<i>z_ln_laur_uni-vpub_cdlm_cu_m</i>	-0.0056126	0.2331954	0.0030022	-.3364234 .2624731	0.52
<i>z_ln_imm_reg_res</i>	0.0011203	0.2439391	0.0024394	-.2990219 .3213901	0.52
<i>z_ln_laur_uni-vpub_cdlm_f</i>	-0.006304	0.22826	0.0030468	-.3451611 .2899011	0.52
<i>z_ln_laur_uni-vpub_cdl1liv_tot</i>	0.0031293	0.2351008	0.0030645	-.2785975 .3198627	0.52
<i>z_ln_pop_0_3_tot</i>	0.0483495	0.4402562	0.0123066	-.22077 .6547572	0.52
<i>z_ln_n_stu_priv_secl</i>	0.0295057	0.1913732	0.0050636	-.166685 .488616	0.52
<i>z_ln_laur_tot_cdlm_cu_tot</i>	-0.0564406	0.4025949	0.009765	-.755147 .200247	0.52
<i>cod_istat</i>					

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

Valle d'Aosta/Val- lée d'Aoste	0.0034306	1.456659	0.0155535	-.363029	.3292148	0.52
Campania	-0.0361063	0.1804195	0.0051629	-.5592477	.1553792	0.52
z_ln_n_iscr_laur_ magcu_tot	-0.0758637	0.4549199	0.015882	-1.171665	.1963288	0.51
z_ln_n_iscr_laur_1 liv_pub	0.0006611	0.2842442	0.0059964	-.2988543	.2716607	0.51
z_ln_pop_tot_m	0.0383071	0.3404056	0.0063872	-.2103234	.5671416	0.51
z_ln_laur_tot_cdln cu_f	-0.0646281	0.4148461	0.0181947	-.9899596	.2076251	0.51
z_ln_n_sc_priv_pri m	-0.0723612	0.3353398	0.0136948	-1.06969	.1577655	0.51
z_ln_laur_uni- vpub_tot	0.0044678	0.242276	0.0028321	-.2644987	.3116764	0.51
z_ln_laur_tot_cdlll iv_m	0.0149273	0.282343	0.0051225	-.2471153	.3292814	0.51
cod_istat						
Lombardia	0.0263209	0.1974702	0.0041367	-.1748521	.469083	0.51
z_ln_pop_3_18_tot	0.0061779	0.2721816	0.0033322	-.2800982	.3449707	0.51
cod_istat						
Sardegna	0.005931	0.7192557	0.0072891	-.3691336	.3817752	0.51
z_ln_laur_uni- vpub_cdivo_tot	-0.0309271	0.1906803	0.0047103	-.5292657	.1703959	0.51
z_ln_laur_uni- vpub_cdlnmcu_f	-0.0419295	0.3690187	0.0091446	-.5872522	.2023325	0.51
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlnmcu_tot	-0.0244643	0.1448014	0.0033491	-.3895492	.147568	0.51
z_ln_n_sc_pub_pri m	-0.0097181	0.1509435	0.0019986	-.3161671	.2179012	0.51
z_ln_n_stu_pub_pr im	0.0182021	0.3136623	0.0079803	-.2238242	.3357048	0.51
z_ln_pop_3_18_m	0.019316	0.3345464	0.0048069	-.248077	.4070526	0.51
z_ln_n_stu_priv_in f	0.0212195	0.1933542	0.0037406	-.1811121	.4061957	0.51
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlnmcu_m	-0.0250483	0.1449274	0.0026059	-.3988071	.1410781	0.51
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlnmcu_f	-0.0233326	0.1334104	0.0023487	-.3808573	.144884	0.51
z_ln_imm_reg_ate- neo_pub	0.007167	0.1828892	0.0024768	-.2375013	.3027505	0.51
z_ln_laur_tot_cdln o_f	-0.0331424	0.2105594	0.0045707	-.5266354	.1834565	0.51
cod_istat						
Calabria	-0.0178905	0.1859941	0.00326	-.388386	.1955116	0.51
z_ln_n_stu_tot_pri m	0.0144326	0.2523785	0.0039665	-.2333173	.3488164	0.5
cod_istat						
Friuli-Venezia Giulia	-0.002784	0.719467	0.0037496	-.2746097	.2576845	0.5

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

z_ln_n_iscr_laur_magcu_priv	-0.0142108	0.1226441	0.0017942	-.3009436	.1616848	0.5
cod_istat						
Basilicata	-0.0127061	2.153212	0.0339076	-.3210335	.3095256	0.5
z_ln_imm_reg_res_priv	-0.0006188	0.1448751	0.0028157	-.263663	.2688896	0.5
cod_istat						
Toscana	-0.0449388	2.74072	0.0386919	-.3275041	.3171983	0.5
z_ln_laur_tot_m	0.018172	0.276697	0.005095	-.2355447	.3853721	0.5
z_ln_n_classi_tot_sec2	-0.0310834	0.4393894	0.0124519	-.3648781	.2305775	0.5
z_ln_n_iscr_laur_priv	-0.0306432	0.2551093	0.0066735	-.561095	.2147309	0.5
z_ln_n_classi_priv_sec2	-0.0227574	0.1636189	0.0028904	-.3738486	.1594301	0.5
z_ln_laur_tot_f	-0.003635	0.2541849	0.0036745	-.3107763	.3081342	0.5
z_ln_laur_univpub_m	0.0091254	0.2362934	0.0037039	-.250215	.3034362	0.5
z_ln_n_classi_pub_sec2	-0.0152984	0.3040474	0.0055924	-.329018	.2516334	0.5
z_ln_n_iscr_laur_pub	-0.0023105	0.239322	0.0029587	-.3365866	.2958378	0.5
z_ln_p_aut_ansp_pub	0.0574593	0.1943763	0.0076874	-.1123573	.7176124	0.5
z_ln_n_classi_tot_sec1	-0.0071504	0.3182748	0.0077914	-.2578876	.2784207	0.5
cod_istat						
Molise	-0.0387174	3.264112	0.0459221	-.3249758	.3436029	0.5
z_ln_laur_univpub_cdlvo_f	-0.0501158	0.2576479	0.0090039	-.7656241	.1427199	0.5
z_ln_n_stu_priv_prim	-0.0135736	0.1671605	0.002556	-.336486	.2015126	0.5
z_ln_n_stu_tot_sec2	-0.0041879	0.2535118	0.0027273	-.2857943	.2781368	0.5
z_ln_laur_tot_tot	0.0081756	0.2945855	0.0077226	-.2752641	.3391558	0.5
z_ln_n_classi_priv_prim	-0.028476	0.2265101	0.0052236	-.4340231	.1712637	0.5
z_ln_n_ins_sec2	-0.0062147	0.2347592	0.0028863	-.3264516	.2528869	0.5
z_ln_n_ins_prim	0.0122563	0.2108374	0.0029478	-.2320832	.3404188	0.5
z_ln_pop_19_25_m	0.0005089	0.232077	0.0025066	-.2679099	.2837662	0.5
cod_istat						
Puglia	0.0283868	0.1558688	0.0037422	-.1400346	.4387402	0.5
z_ln_n_classi_pub_prim	0.0003294	0.1801325	0.002102	-.240007	.24267	0.5
z_r_exp_ansp_pop_02_pc	0.0037666	0.1077144	0.0013194	-.1719469	.2251794	0.5

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

z_ln_laur_uni- vpriv_cdlm_f	-0.0507078	0.2353718	0.0100161	-7362737	.1230138	0.5
z_ln_laur_tot_cdlm _f	0.0057171	0.2449309	0.0029942	-292277	.3024883	0.5
z_ln_pop_19_25_t ot	0.0051565	0.4011327	0.0089517	-2701851	.2769426	0.5
cod_istat Marche	-0.0050205	1.130657	0.0108479	-3642167	.32101	0.5
z_ln_laur_uni- vpriv_tot	-0.0231197	0.1966022	0.0039271	-4081272	.1769688	0.5
cod_istat Liguria	0.0005397	0.9888246	0.009254	-2824941	.3036106	0.5
z_ln_n_iscr_laur_1 liv_priv	-0.0150816	0.1687274	0.0032717	-3571995	.1880348	0.5
z_ln_pop_0_3_f	0.0436399	0.5644842	0.0149888	-1830377	.4053824	0.5
z_ln_n_classi_priv _inf	0.0151876	0.1528223	0.0027983	-1710606	.3034129	0.5
z_ln_p_aut_ansp_p riv	0.0639812	0.2952717	0.0147107	-1633977	1.072111	0.5
z_ln_n_classi_pub _inf	-0.0118528	0.2331874	0.0029806	-3051776	.2323271	0.5
z_ln_n_sc_pub_sec 1	-0.0060301	0.1756087	0.0024343	-3048067	.2477796	0.5
z_ln_n_ins_sec1	-0.0057611	0.2067373	0.002302	-312105	.2573431	0.5
z_ln_n_stu_tot_sec 1	0.0081225	0.2336853	0.0024985	-2408846	.3290048	0.5
1.stat	-0.014953	0.1313304	0.0028394	-3311499	.1772752	0.5
cod_istat Sicilia	-0.0197537	0.1422682	0.0032594	-3741611	.1486455	0.5
z_ln_laur_tot_cdl11 iv_f	0.0019208	0.2347769	0.0031002	-2695331	.33561	0.5
z_ln_laur_uni- vpriv_cdl11iv_tot	-0.0198547	0.2192477	0.0038137	-4121897	.2282289	0.5
z_ln_pop_3_16_m	0.0197824	0.3009579	0.0052162	-1895732	.3175084	0.5
z_ln_n_classi_tot_i nf	0.0016706	0.2279723	0.0027278	-.28335	.2731351	0.5
z_ln_n_stu_pub_se c1	0.004227	0.2237367	0.0038846	-2453341	.2755952	0.5
z_ln_laur_tot_cdlm _tot	0.0111352	0.2422153	0.0036959	-2353479	.3494503	0.5
z_ln_laur_uni- vpriv_cdl11iv_m	0.0135734	0.216342	0.005513	-2211588	.3195333	0.49
z_ln_n_iscr_laur_2 liv_tot	0.0081651	0.2157332	0.0037855	-2262985	.2834035	0.49
z_ln_laur_tot_cdlv o_tot	-0.0255694	0.1938376	0.0044196	-4251467	.1637126	0.49
z_ln_n_classi_tot_ prim	-0.0059605	0.3470978	0.0047414	-2850019	.2753948	0.49
z_ln_n_stu_priv_se c2	-0.0116248	0.1777913	0.0045404	-3046985	.1973553	0.49
z_ln_n_classi_pub _sec1	-0.0008377	0.2017906	0.0022032	-2734031	.2701608	0.49

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

z_ln_laur_uni- vpub_f	-0.0085218	0.2149511	0.0025851	-.3136673	.2205388	0.49
z_ln_n_iscr_laur_2 liv_pub	0.0061524	0.2019683	0.0034506	-.260923	.286243	0.49
cod_istat Emilia-Romagna	-0.0342618	3.457753	0.0370307	-.3164836	.314624	0.49
z_ln_n_sc_tot_inf	-0.0222882	0.2273737	0.0057744	-.3730163	.1914611	0.49
z_ln_n_sc_tot_sec1	-0.0022852	0.1733943	0.0014423	-.2504099	.2256764	0.49
z_ln_n_sc_pub_sec 2	-0.0306971	0.3849297	0.00804	-.4105637	.2136204	0.49
z_ln_imm_reg_ate- neo_priv	-0.0175392	0.1225415	0.002368	-.3174147	.1344955	0.49
z_ln_n_iscr_laur_2 liv_priv	-0.0101085	0.1438701	0.0026324	-.2818623	.1923208	0.49
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlvo_tot	-0.0078663	0.0839254	0.001251	-.1961631	.1404952	0.49
cod_istat Veneto	0.0180001	1.814352	0.0260515	-.3358783	.2907954	0.49
z_ln_laur_uni- vpriv_m	-0.0072037	0.1616194	0.0025307	-.2851521	.206972	0.49
z_ln_n_iscr_laur_ magcu_pub	-0.051812	0.3680467	0.0098745	-.6443233	.1791683	0.49
z_ln_imm_reg_res _pub	0.00081	0.2596107	0.0032925	-.2954853	.3350631	0.49
z_ln_laur_tot_cdlv o_m	-0.0057512	0.1477597	0.0026037	-.2793222	.2163599	0.49
z_ln_pop_3_16_f	0.0156458	0.2481718	0.0054442	-.218136	.3199498	0.49
z_ln_laur_uni- vpub_cdlvo_m	-0.0157778	0.1460851	0.0027293	-.3372323	.171527	0.49
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlm_tot	-0.0087462	0.1344387	0.0019171	-.2731661	.1874949	0.49
z_ln_laur_uni- vpub_cdlmco_tot	-0.0307795	0.3289385	0.0076637	-.4112086	.206639	0.49
z_ln_laur_uni- vpub_cdliv_m	0.0115338	0.2401281	0.003642	-.2312456	.3148165	0.49
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlvo_f	-0.008787	0.0893901	0.001475	-.2144715	.1421267	0.49
cod_istat Umbria	-0.0070998	0.5812197	0.0083571	-.3039898	.2843476	0.49
z_ln_pop_tot	0.0288426	0.3371024	0.005575	-.2127166	.4530024	0.49
z_ln_laur_tot_cdlm cu_m	-0.0491499	0.3290697	0.0096771	-.7174903	.1756866	0.49
z_ln_laur_uni- vpriv_cdliv_f	-0.0398565	0.2296622	0.0056519	-.5953548	.1401728	0.49
cod_istat Trentino-Alto Adige/Südtirol	0.0054691	0.9940118	0.0077979	-.2871301	.3253466	0.49
z_ln_pop_19_25_f	-0.0043706	0.2427379	0.0027801	-.2599978	.2480101	0.49

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

z_ln_laur_uni- vpub_cdlm_m	0.0197072	0.2261531	0.0047062	-.221144	.3915061	0.48
z_ln_laur_tot_cdl11 iv_tot	0.0224926	0.3131462	0.0167971	-.2265169	.30209	0.48
z_ln_n_sc_priv_inf	-0.0010192	0.1728112	0.002214	-.2336712	.2134038	0.48
z_ln_n_sc_pub_inf	-0.0274618	0.2424753	0.0053545	-.4324578	.182212	0.48
cod_istat						
Lazio	-0.0100521	0.1448743	0.0018472	-.2953828	.17946	0.48
z_r_exp_sc_pc	0.0082181	0.1725958	0.0037087	-.238808	.2946875	0.48
z_ln_n_laur_tot	-0.0051176	0.0945559	0.001424	-.2151654	.1597899	0.48
z_ln_n_laur_u	0.0053662	0.1091017	0.0015569	-.1785146	.2206204	0.48
z_ln_laur_uni- vpub_cdl11iv_f	0.0052987	0.2071371	0.0025015	-.2370595	.2817377	0.48
z_ln_laur_tot_cdlm _m	0.0281707	0.2328254	0.0064892	-.1761752	.4178298	0.48
z_ln_pop_0_3_m	0.0433403	0.4318048	0.0119565	-.2073056	.4914948	0.48
z_ln_n_stu_tot_inf	0.0114872	0.216207	0.0030527	-.2453096	.3453345	0.48
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlvo_m	0.0057096	0.080092	0.00116	-.1388826	.1949836	0.48
z_ln_n_laur_d	0.0082617	0.1188708	0.0018184	-.1663659	.2548393	0.48
z_ln_n_sc_tot_pri m	-0.017551	0.1712646	0.0025578	-.3460127	.1763996	0.48
z_ln_n_iscr_laur_1 liv_tot	-0.003943	0.2105019	0.0024583	-.2605078	.2379431	0.48
z_ln_n_sc_priv_se c1	0.0081932	0.1395587	0.0018822	-.1990246	.2768163	0.48
z_ln_n_sc_tot_sec2	-0.0372028	0.354974	0.0098257	-.5132318	.1879878	0.48
z_ln_laur_uni- vpub_cdlm_tot	0.0036027	0.1667056	0.0023845	-.2202168	.240353	0.48
z_ln_n_laur_iniz_ w_tot	-0.0072428	0.1081305	0.0016501	-.2401723	.1649192	0.48
z_ln_imm_reg_ate- neo	0.0170621	0.3176221	0.0096253	-.1977431	.2798021	0.48
z_ln_pop_3_16_tot	0.0204954	0.3246302	0.0058589	-.2356163	.3807993	0.48
z_r_exp_istr_pc	-0.0027342	0.1269677	0.0013389	-.2299534	.2038083	0.48
z_ln_n_sc_priv_se c2	-0.0211723	0.1716201	0.0031843	-.3709597	.1710471	0.48
z_ln_n_classi_priv _sec1	0.0122095	0.1447734	0.0022762	-.1720688	.317547	0.48
z_ln_pop_3_18_f	0.0162676	0.2675822	0.0051063	-.2118826	.3360836	0.48
z_ln_n_iscr_laur_t ot	-0.006612	0.2178697	0.0029074	-.3097895	.2518837	0.47
z_ln_n_stu_pub_se c2	0.0006615	0.1902472	0.0021182	-.2499057	.2523033	0.47
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlm_m	0.0120663	0.1670255	0.0036741	-.2144818	.2972118	0.47
z_r_exp_univ_pc	-0.001141	0.104658	0.0013487	-.2046027	.185324	0.47
z_pop_3_25_tot	0.0081642	0.1459721	0.0018776	-.1584651	.2503529	0.47
z_ln_n_ins_inf	-0.0058401	0.1920382	0.0032761	-.2514251	.2023802	0.47
z_ln_n_occu_laur	0.0024092	0.089884	0.0013202	-.1726621	.2014431	0.46
z_ln_n_atenei	-0.0152019	0.0622645	0.0013169	-.19138	.0790155	0.46
z_pop_laur_sutot _cons	-0.0066848	0.0785413	0.0011138	-.1930709	.1351705	0.45
	-0.8888064	0.8631919	0.064718	-2.416709	.8378513	

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

sigma2	0.1027108	0.0995649	0.009212	.0258543	.3927464
tau	0.0323011	0.0249938	0.00371	.0049359	.1005625

Fonte: ns. elaborazione.

L'interpretazione economica più informativa è “di sistema”. Innanzitutto, con riferimento alla qualità istituzionale (*iqi_reg*): un contesto amministrativo più efficace può tradursi in migliore capacità di programmazione, allocazione e gestione (anche) degli input scolastici e degli investimenti materiali, soprattutto quando la spesa richiede processi di procurement e governance più complessi. Poi, con riferimento alla dotazione organizzativa nei servizi educativi per la prima infanzia: la presenza/scala del settore (pubblico e privato) segnala capacità di offerta di servizi e, più in generale, un livello di infrastrutturazione sociale locale che tende a co-variare con la qualità dei servizi pubblici e con la capacità di investimento. Infine, con riferimento alle condizioni economiche (PIL pro capite e valore aggiunto): coerenti con il canale di capacità fiscale e disponibilità di risorse, ma non dominanti rispetto al blocco istituzionale-organizzativo.

Anche qui, l'incertezza resta elevata (intervalli credibili ampi e includenti lo zero): il modello identifica un cluster plausibile (istituzioni → risorse → infrastrutture di servizio), ma non supporta inferenze forti sui singoli coefficienti. In altre parole, l'informazione rilevante è che gli investimenti/materiali risultano maggiormente associati a capacità istituzionale e infrastrutturazione dei servizi, più che a una singola variabile isolata.

Il terzo ed ultimo modello (Mod. #3) presenta un esito qualitativamente diverso: *z_pop_laur_sutot* entra con IC pari ad uno ed un coefficiente a posteriori molto preciso mentre le altre covariate risultano sostanzialmente annullate dallo *shrinkage* (IC nel range 0,48-0,54, con coefficienti prossimi a zero).

Economicamente, questo pattern è coerente con un meccanismo in cui l'outcome “femminile” è trainato quasi interamente dal livello complessivo di capitale umano (o dalla quota complessiva di laureati) del territorio: il capitale umano aggregato può rappresentare un vincolo/abilitatore strutturale che si riflette anche sulle componenti di genere (attraverso specializzazione produttiva, mercato del lavoro qualificato, norme sociali e opportunità educative). Tuttavia, data la forza “quasi deterministica” del legame, è essenziale verificare che non vi sia sovrapposizione

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. Un'analisi economica interregionale con dati CPT**

posizione meccanica tra costruzione dell'outcome e del regressore. Lo stesso output segnala inoltre un *warning* di autocorrelazione elevata nella catena MCMC.

Tab. 13. Risultati applicazione *Bayesian variable selection* (Mod. #3)

Bayesian variable selection	MCMC iterations	=			12,500
Metropolis–Hastings and Gibbs sampling	Burn-in	=			2,500
	MCMC sample size	=			
Global–local shrinkage coefficient prior:	Number of obs	=			14
Horseshoe(1)	Acceptance rate	=			Horseshoe(1)
	Efficiency: min	=			
	avg	=			
Log marginal-likelihood = 869.53792	max	=			1
				Equal-tailed	
ln_pop_f_laur_sutoff	Mean	Std. dev.	MCSE	[95% cred. interval]	IC
z_pop_laur_sutoff	0.1881249	0.0199705	0.0003618	.142623 .2256971	1
z_ln_n_laur_iniz_w_tot	0.0062093	0.0154018	0.0006262	-.0067539 .0536811	0.54
z_ln_pop_19_25_m	-0.0017307	0.0201404	0.0002756	-.033708 .0173359	0.54
z_ln_laur_tot_cd111iv_m	0.0002142	0.0138205	0.0001896	-.0194443 .0204161	0.52
z_ln_n_sc_tot_pri_m	0.001349	0.0113211	0.0001805	-.0130511 .0262434	0.52
z_ln_n_ansp_tot	-0.0023849	0.0132161	0.0003712	-.0334208 .0104233	0.52
cod_istat					
Basilicata	-0.0001768	0.0925494	0.0007369	-.0326244 .0293684	0.52
z_ln_pop_tot_m	-0.0006596	0.017669	0.0001745	-.0250483 .0186786	0.52
z_ln_pop_0_3_f	-0.0005263	0.0178119	0.0001865	-.0262332 .0211653	0.51
z_ln_n_sc_tot_inf	0.0002954	0.0170165	0.0002058	-.0175793 .0236216	0.51
z_ln_n_classi_tot_inf	-0.0001143	0.0185517	0.0001938	-.0235184 .0210007	0.51
z_ln_laur_tot_cdlm_cu_tot	-0.0009079	0.0153195	0.0002235	-.0241429 .0161141	0.51
z_ln_n_classi_tot_prim	0.0000905	0.0168712	0.0001583	-.0220278 .0219378	0.51
z_ln_laur_univpub_cdlm_f	-0.0001835	0.0138819	0.0001501	-.0220559 .0196434	0.51
z_ln_laur_univpub_cdlvo_tot	-0.0008341	0.0112135	0.0002013	-.0255367 .0152277	0.51
z_ln_n_iscr_laur_magcu_tot	-0.0018839	0.0195881	0.0003567	-.034603 .0175916	0.51
z_ln_n_sc_priv_secl	0.0003663	0.013288	0.0002331	-.0147845 .0202713	0.51
cod_istat					
Molise	0.0003468	0.072067	0.0007464	-.0235259 .0264983	0.51
z_pil_r_pc	0.0016332	0.010337	0.0002193	-.0109202 .0255021	0.51

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

z_ln_n_sc_priv_inf	0.0010451	0.0130588	0.0001905	-0.0157354	.0251852	0.51
z_r_exp_ansp_pop						
02_pc	-0.0009061	0.008242	0.0001069	-0.0191557	.0106152	0.51
z_ln_n_sc_pub_inf	-0.0000684	0.0119891	0.0001356	-0.0194463	.018841	0.51
cod_istat						
Friuli-Venezia						
Giulia	0.0001546	0.0934186	0.0004073	-0.0273182	.0297856	0.51
z_ln_p_aut_ansp_t						
ot	-0.0011974	0.0090341	0.0001282	-0.022435	.0111554	0.51
z_ln_n_sc_pub_pri						
m	0.0017808	0.0122728	0.0002063	-0.0123068	.032904	0.51
z_ln_n_stu_pub_pr						
im	-0.000677	0.0185776	0.0001691	-0.0249669	.0187539	0.51
z_ln_pop_3_16_m	-0.0008927	0.0171202	0.0001846	-0.0255618	.0186697	0.51
z_ln_laur_uni-						
vpub_cdlm_tot	-0.0005333	0.0127008	0.000145	-0.022016	.0177606	0.5
z_ln_n_iscr_laur_t						
ot	-0.0007649	0.0226594	0.0002424	-0.0262963	.0202404	0.5
z_ln_pop_3_16_tot	-0.0007967	0.0163358	0.0001816	-0.0227271	.0180564	0.5
cod_istat						
Emilia-Romagna	-0.0008152	0.1043759	0.0008094	-0.024879	.024842	0.5
z_ln_laur_uni-						
vpub_cdlvo_m	-0.0024726	0.0122577	0.0002674	-0.0347384	.0102141	0.5
z_ln_n_sc_tot_sec1	0.0016063	0.015226	0.0002509	-0.0144568	.0270882	0.5
cod_istat						
Sardegna	0.0025277	0.2490224	0.0024377	-0.0217325	.0225434	0.5
Liguria	-0.0022	0.1340813	0.0020032	-0.0346443	.0296848	0.5
z_ln_n_classi_pub						
_inf	-0.0015523	0.01522	0.0002485	-0.0310023	.0149179	0.5
z_ln_pop_3_18_f	-0.0007443	0.0130437	0.0001402	-0.0205212	.0140951	0.5
z_ln_n_iscr_laur_						
magcu_priv	-0.001741	0.0088607	0.0001433	-0.0249332	.0091568	0.5
z_ln_laur_tot_cdlm						
cu_m	-0.000716	0.0148517	0.0001949	-0.0271537	.0195859	0.5
cod_istat						
Abruzzo	-0.0038806	1.432756	0.006499	-0.025291	.026553	0.5
Calabria	0.0020768	0.0141278	0.0002335	-0.0132683	.0369942	0.5
z_ln_laur_tot_cdlm						
_f	0.0003403	0.0187411	0.0002218	-0.0207494	.0215143	0.5
z_ln_laur_uni-						
vpub_m	-0.0002741	0.0157771	0.0001664	-0.0229342	.0201642	0.5
z_ln_n_stu_tot_sec						
1	-0.0009593	0.0195467	0.0001955	-0.0240772	.0164607	0.5
z_ln_n_stu_priv_se						
c2	-0.000455	0.0110312	0.0001296	-0.0187774	.0156014	0.5
z_ln_pop_3_18_m	-0.0006856	0.0175312	0.0001759	-0.0227438	.015994	0.5
z_ln_pop_0_3_m	-0.0006774	0.0182117	0.0002053	-0.0272495	.021494	0.5

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

z_ln_n_iscr_laur_2 liv_pub	-0.000227	0.0144838	0.0001677	-0.0211338	.0184278	0.5
z_ln_imm_reg_res _priv	-0.0000261	0.0095412	0.0001074	-0.0172225	.0157258	0.5
cod_istat Lombardia	0.0011275	0.0110596	0.0001519	-0.0125264	.0237827	0.5
z_ln_laur_tot_cd11 iv_tot	-0.0001098	0.0153911	0.0001637	-0.0216555	.0203598	0.5
z_ln_pop_3_18_tot	-0.0009292	0.0189888	0.0002348	-0.0261045	.0182552	0.5
z_ln_n_ins_prim	-0.0002452	0.0140417	0.0001412	-0.0213123	.0186114	0.5
z_ln_laur_uni- vpriv_cd11liv_f	0.0033981	0.0186855	0.0004351	-0.011081	.0470355	0.5
cod_istat Toscana	-0.0003017	0.0538098	0.000491	-0.0244895	.024015	0.5
z_ln_pop_19_25_f z_ln_laur_uni- vpriv_f	-0.00107	0.0179397	0.000215	-0.025132	.0179409	0.5
z_ln_laur_tot_cd1v o_m	0.0023577	0.0170482	0.0003764	-0.0128261	.0373764	0.5
z_ln_n_stu_priv_se c1	-0.002205	0.0113725	0.0002931	-0.034752	.0095103	0.5
z_ln_laur_uni- vpub_cd1mecu_m	0.0010447	0.0085966	0.0001117	-0.0109816	.0211179	0.5
z_ln_n_classi_tot_s ec2	-0.0012679	0.0172195	0.0002745	-0.0265783	.0154011	0.5
z_ln_n_classi_tot_s ec2	-0.0007451	0.0161912	0.0001779	-0.0251354	.0181548	0.5
cod_istat Marche	-0.0068676	2.601933	0.0041407	-0.0220467	.025957	0.5
z_ln_laur_tot_tot z_ln_n_classi_priv _sec2	0.0000745	0.0200277	0.000195	-0.0222407	.0203853	0.5
z_ln_pop_3_16_f	-0.0001551	0.0103897	0.0001344	-0.0182278	.0168774	0.5
z_ln_n_laur_u	-0.0010866	0.0195548	0.000269	-0.0263416	.0163662	0.5
z_ln_n_iscr_laur_2 liv_priv	-0.0003724	0.0077263	0.0000863	-0.0173798	.0130387	0.49
z_ln_n_iscr_laur_1 liv_priv	-0.0003014	0.0095389	0.0001183	-0.0179901	.0148346	0.49
z_ln_n_iscr_laur_1 liv_priv	0.0000671	0.0102876	0.0001247	-0.0175511	.0177296	0.49
cod_istat Umbria	-0.0000485	0.150037	0.0014534	-0.0250333	.0238186	0.49
z_ln_laur_uni- vpub_cd1mecu_tot	-0.0003141	0.0157084	0.0001673	-0.0220083	.0177061	0.49
cod_istat Campania	0.0005156	0.0097084	0.0001048	-0.0132246	.0189076	0.49
z_ln_imm_reg_ate- neo_pub	-0.001132	0.0119095	0.0001612	-0.0235312	.0126718	0.49
z_ln_laur_tot_cd1m _tot	-0.0000577	0.0121474	0.0001405	-0.0195246	.018719	0.49

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

z_ln_laur_uni- vpriv_m	-0.0007335	0.0125328	0.0001389	-0.0234075	.0151528	0.49
z_ln_laur_tot_m	-0.0004239	0.0134623	0.0001626	-0.0192999	.0151174	0.49
z_ln_n_iscr_laur_p riv	-0.0003305	0.0107994	0.0001119	-0.0207725	.0147857	0.49
z_ln_p_aut_ansp_p riv	-0.0012179	0.0108663	0.0001944	-0.0238773	.0123688	0.49
z_ln_n_classi_pub _sec1	-0.0009217	0.0174431	0.0001942	-0.0252293	.0166862	0.49
z_ln_n_laur_tot	-0.0010239	0.0073576	0.0000934	-0.0192515	.0100874	0.49
z_ln_n_classi_priv _prim	0.0003247	0.0109504	0.000121	-0.0153904	.0200675	0.49
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlim_tot	0.00183	0.0129842	0.0002216	-0.0121139	.0297336	0.49
z_ln_n_stu_pub_se c1	-0.0010997	0.0167688	0.0002329	-0.0273081	.017437	0.49
z_ln_n_iscr_laur_1 liv_tot	-0.0001143	0.0152664	0.0001624	-0.0193033	.0176851	0.49
z_ln_laur_tot_f	0.0002986	0.0197205	0.0002681	-0.0220724	.0227722	0.49
z_ln_laur_uni- vpub_f	-0.0005475	0.0152547	0.0001902	-0.0220117	.0164103	0.49
z_ln_n_sc_tot_sec2	-0.0003406	0.0192763	0.0002856	-0.020281	.019124	0.49
z_ln_n_iscr_laur_p ub	-0.0009272	0.0209034	0.0003041	-0.0237891	.0167773	0.49
z_ln_laur_uni- vpub_cd11liv_tot	-0.0003802	0.0143938	0.0001604	-0.0204873	.0167047	0.49
z_ln_n_stu_priv_in f	0.0017315	0.0129364	0.0002277	-0.0133827	.0306728	0.49
z_r_exp_univ_pc	0.0003172	0.0092732	0.0001179	-0.0142154	.0170632	0.49
z_ln_n_laur_d	-0.000606	0.0080698	0.0001042	-0.0175201	.0120614	0.49
cod_istat Lazio	-0.0014342	0.0135488	0.0001991	-0.028011	.0147825	0.49
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlimcu_tot	-0.0014049	0.0088663	0.0001255	-0.02356	.0099134	0.49
cod_istat Veneto	-0.0100406	0.5777927	0.0099408	-0.025193	.0273444	0.49
z_ln_n_stu_pub_in f	-0.0014895	0.0151355	0.0002489	-0.027323	.0136572	0.49
z_ln_laur_tot_cd11 iv_f	-0.0006262	0.0176476	0.0002124	-0.0265402	.0191831	0.49
z_ln_n_ins_sec2	-0.0011743	0.0143555	0.0001883	-0.0268359	.0158863	0.49
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlim_f	0.0027244	0.0127792	0.0002477	-0.0105106	.0360612	0.49
z_ln_pop_tot	-0.0003802	0.0189011	0.0001395	-0.0203642	.0165236	0.49
z_ln_pop_19_25_t ot	-0.0011249	0.0165785	0.000231	-0.0246242	.0160452	0.49
z_ln_laur_uni- vpub_cd11liv_m	0.0002244	0.0151822	0.0002255	-0.0184787	.0188474	0.49
z_ln_laur_uni- vpriv_tot	0.0012031	0.0140409	0.0002134	-0.0136804	.0249796	0.49
z_ln_imm_reg_res	-0.0012067	0.0171304	0.0002335	-0.0271572	.0165867	0.49
z_ln_laur_tot_cdlim cu_f	-0.0001896	0.0157341	0.0001925	-0.0231448	.0222761	0.49

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

z_ln_laur_uni- vpriv_cdl1liv_tot	0.0025217	0.0219446	0.0006126	-0.130364	.0366732	0.49
z_ln_n_ansp_priv	-0.0015668	0.0112845	0.0002348	-0.0249208	.0109972	0.49
cod_istat						
Sicilia	-0.0009718	0.0082193	0.0001096	-0.019884	.0115881	0.49
z_ln_n_classi_tot_s ec1	-0.000515	0.0159691	0.0001674	-0.0230818	.0165517	0.49
cod_istat						
Valle d'Aosta/Val- lée d'Aoste	0.0001036	0.0683285	0.0006871	-0.0238465	.025213	0.49
z_ln_laur_tot_cdlm _m	-0.0001455	0.0125893	0.0001259	-0.0190412	.0181994	0.49
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlvo_f	0.0012034	0.0060573	0.0000907	-0.0075275	.0166867	0.49
z_ln_imm_reg_ate- neo	-0.0007089	0.0140912	0.0002023	-0.022914	.015648	0.49
z_ln_laur_uni- vpriv_cdl1liv_m	-0.0013682	0.0121968	0.0001906	-0.0279875	.0134631	0.49
z_ln_n_ins_inf	-0.0009241	0.0116703	0.0001554	-0.0236478	.0139686	0.49
z_ln_n_ansp_pub	-0.0002636	0.0072117	0.0000842	-0.0146033	.0125735	0.49
z_ln_n_stu_tot_pri m	-0.0007908	0.0141582	0.0001827	-0.0204965	.0132751	0.49
z_ln_n_stu_tot_sec 2	-0.0010286	0.0146559	0.0001826	-0.0256871	.0169857	0.49
z_ln_laur_uni- vpub_cdlmcu_f	-0.0003641	0.0204458	0.0003012	-0.0203084	.0182536	0.49
z_r_exp_sc_pc	0.0010809	0.0119086	0.0001384	-0.0137288	.0251561	0.49
cod_istat						
Puglia	-0.0011394	0.0087051	0.0001132	-0.0222537	.0112442	0.49
Trentino-Alto Adige/Südtirol	-0.0002287	0.0486466	0.0004532	-0.0211926	.0216168	0.48
z_ln_n_ins_sec1	-0.0005195	0.0152699	0.0001751	-0.0218575	.0163355	0.48
z_ln_n_sc_priv_se c2	-0.0002628	0.0100842	0.0001394	-0.0177422	.0156547	0.48
z_ln_n_classi_pub _sec2	-0.0009916	0.0152624	0.0001865	-0.0242914	.0170359	0.48
z_ln_laur_uni- vpub_cdlvo_f	0.0002579	0.0117331	0.0002099	-0.0177515	.020552	0.48
z_ln_laur_uni- vpub_cdlm_m	-0.0002878	0.0113833	0.000123	-0.0176095	.0168408	0.48
z_ln_imm_reg_res _pub	-0.0013448	0.0155934	0.0002439	-0.0257504	.0146237	0.48
z_r_exp_istr_pc	0.0005654	0.0097816	0.000108	-0.0142151	.0194033	0.48
z_ln_n_classi_priv _inf	0.0013913	0.0134227	0.0001845	-0.0122275	.0272882	0.48
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlmcu_f	-0.0010404	0.0096384	0.0001688	-0.0195821	.0115582	0.48
z_ln_n_classi_pub _prim	0.0000134	0.0152492	0.0001525	-0.0202281	.019674	0.48
z_ln_n_stu_priv_pr im	0.0000798	0.010593	0.0001059	-0.0157839	.0168893	0.48

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

z_ln_n_sc_priv_pri m	0.0001823	0.011422	0.0001536	-0.0162758	.0164555	0.48
z_ln_n_iscr_laur_ magcu_pub	-0.0018722	0.0190298	0.0003438	-.0302378	.014436	0.48
iqi_reg	0.0001196	0.012482	0.0001245	-.0188091	.0193031	0.48
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlvo_tot	0.0010611	0.0059115	0.0000723	-.0074925	.0153145	0.48
z_ln_laur_uni- vpub_tot	-0.0001111	0.0231774	0.0003324	-.0202374	.0176701	0.48
z_ln_n_sc_pub_sec 1	0.0015102	0.0147521	0.000248	-.0145623	.0326557	0.48
z_ln_laur_tot_cdlv o_tot	0.0000482	0.0111076	0.0001271	-.0165787	.0157167	0.48
z_ln_imm_reg_ate- neo_priv	0.0005294	0.0070903	0.0000922	-.0104939	.0156843	0.48
z_va_r	0.0013306	0.0077487	0.0001353	-.0086317	.0202539	0.48
z_ln_n_iscr_laur_1 liv_pub	-0.0002327	0.0146594	0.0001595	-.0213616	.0167622	0.48
z_ln_laur_uni- vpub_cdliv_f	-0.0013305	0.0165639	0.0002811	-.0269119	.0153151	0.48
z_ln_n_sc_pub_sec 2	-0.0003664	0.014588	0.0001605	-.0201588	.0169847	0.48
z_ln_n_stu_pub_se c2	-0.0010701	0.0196928	0.0002404	-.0220261	.0137472	0.48
z_ln_pop_0_3_tot	-0.0001903	0.0161591	0.0001472	-.0199856	.0176044	0.48
z_ln_n_occu_laur	-0.0010166	0.0068751	0.0001007	-.018891	.0099185	0.47
z_ln_pop_tot_f	-0.0004343	0.0149449	0.0001882	-.020861	.016129	0.47
z_ln_n_iscr_laur_2 liv_tot	-0.0001737	0.012053	0.0001182	-.0174612	.0177418	0.47
z_ln_laur_tot_cdlv o_f	0.0011806	0.0122776	0.0001897	-.0127169	.0238107	0.47
z_ln_n_stu_tot_inf	0.0001753	0.0231385	0.0002636	-.0179288	.0193597	0.47
z_ln_n_classi_priv _secl	0.0010825	0.0123487	0.0002532	-.0116701	.0201002	0.47
l.stat	-0.0005966	0.0069872	0.000077	-.0157118	.010384	0.47
z_ln_n_atenei	0.0012218	0.0053399	0.0000884	-.0064635	.0158152	0.47
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlm_m	0.0000174	0.007839	0.0000867	-.0145406	.0143805	0.46
z_pop_3_25_tot	0.0005564	0.0099049	0.0001253	-.01346	.0180004	0.46
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlvo_m	0.0004733	0.0053854	0.0000634	-.0094172	.0131372	0.46
z_ln_laur_uni- vpriv_cdlm_m	-0.0012777	0.0080264	0.0001162	-.0220351	.0094752	0.46
z_ln_p_aut_ansp_p ub	-0.000281	0.0063783	0.0000662	-.0136092	.011316	0.45
_cons	-9.26649	0.0438192	0.000651		-18.526568	
sigma2	0.0005777	0.0004069	0.000018	.0001634	.0016466	
tau	0.0024369	0.0018798	0.00039	.000584	.0077883	

Fonte: ns. elaborazione.

Nel complesso, i tre esercizi di selezione bayesiana indicano che, in un dataset regionale con numerosità molto contenuta, l'identificazione delle determinanti avviene soprattutto lungo dimensioni strutturali riconducibili alla capacità del sistema formativo-universitario, alla

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

dotazione e all'organizzazione delle infrastrutture sociali per la prima infanzia, alla qualità istituzionale ed alle condizioni economiche di contesto; in questo quadro, l'evidenza empirica tende a delineare “blocchi” informativi parzialmente sovrapposti più che un ordinamento netto di singoli regressori. La *prior horseshoe* – un meccanismo di *shrinkage* globale-locale (Carlos *et al.*, 2010) – è particolarmente adatta in tali setting perché regolarizza le stime in presenza di molte covariate e riduce il rischio di *overfitting*, ma la sua capacità di produrre una selezione informativa dipende in modo cruciale dal rapporto segnale/rumore e dal grado di collinearità tra regressori. Inoltre, la letteratura mostra che i risultati possono essere sensibili alla specificazione dell'*iperprior* sul parametro di *shrinkage* globale, una criticità che si accentua quando l'informazione campionaria identifica debolmente tale parametro, come tipicamente accade nei campioni piccoli; di conseguenza, l'interpretazione economica più robusta riguarda la presenza di gradienti strutturali coerenti con questi blocchi concettuali, più che l'attribuzione di un ruolo “marginale” preciso a ciascuna variabile.

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

5. La valutazione dell'efficienza della spesa in istruzione e servizi educativi

5.1. Approcci metodologici per la valutazione dell'efficienza

Per valutare in ottica comparativa interregionale l'efficienza della spesa in istruzione e servizi educativi, questo studio fa riferimento a due approcci metodologici consolidati nell'analisi economica: la *Stochastic Frontier Analysis* e la *Data Envelopment Analysis*.

L'unità di analisi è il sistema educativo regionale (DMU), osservato per regione $i = 1, \dots, N$ e anno $t = 1, \dots, T$. L'obiettivo è stimare l'efficienza con cui gli input (i.e. spesa o dotazioni educative) vengono trasformati in output (i.e. risultati di apprendimento e/o indicatori di percorso), distinguendo – ove possibile – tra scostamenti dovuti a shock casuali/errore di misura ed inefficienza tecnica.

La strategia empirica combina:

1. una frontiera stocastica (SFA) su dati panel, idonea a incorporare rumore statistico ed a trattare l'eterogeneità non osservata;
2. una frontiera non parametrica (DEA), utile come benchmark “*data-driven*”, con correzione *bootstrap* e secondo stadio coerente (Simar & Wilson) per l'analisi dei fattori di contesto.

Stochastic Frontier Analysis (SFA). L'SFA è un metodo econometrico parametrico che stima una frontiera di produzione (o di costo) assumendo una forma funzionale predefinita per il processo produttivo (ad esempio una funzione di produzione Cobb-Douglas o Translog). Introdotta in parallelo da Aigner, Lovell e Schmidt (Aigner *et al.*, 1977) e Meeusen e van den Broeck (Meeusen & van den Broeck, 1977), la SFA specifica una frontiera (di produzione o di costo) e scompone il termine di disturbo in rumore simmetrico e inefficienza non-negativa. In forma log-lineare (frontiera di produzione, a titolo esemplificativo):

$$\ln y_{it} = \beta' \ln x_{it} + \varepsilon_{it}, \varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it},$$

dove $v_{it} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_v^2)$ cattura shock casuali/errore di misura e $u_{it} \geq 0$ misura l'inefficienza tecnica (distribuzione tipicamente *half-normal* o *truncated-normal*). Il punteggio di efficienza tecnica è usualmente $TE_{it} = \exp(-u_{it}) \in (0,1]$.

Nei dati regionali panel, una quota rilevante di eterogeneità persistente (assetto istituzionale, demografia, struttura territoriale) può essere *time-invariant* e non deve essere confusa con

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

inefficienza. La specificazione “true” proposta da Greene (Greene, 2005) introduce un termine separato di eterogeneità non osservata:

$$\ln y_{it} = \alpha_i + \beta' \ln x_{it} + v_{it} - u_{it},$$

dove α_i rappresenta l'eterogeneità regionale persistente e u_{it} l'inefficienza (potenzialmente variabile nel tempo). In questo modo, la stima dell'inefficienza evita di assorbire differenze strutturali stabili nelle α_i . Operativamente, la letteratura distingue tra metodologia *True Fixed Effects* (TFE), in cui α_i è trattato come parametro fisso (dummies regionali), e *True Random Effects* (TRE), in cui α_i è trattato come effetto casuale (con ipotesi distributive su α_i).

In applicazioni interregionali, l'uso della TFE è spesso motivato dall'esigenza di controllare per eterogeneità persistente non osservata senza imporre indipendenza tra α_i e regressori; la TRE può essere impiegata come verifica di robustezza quando le assunzioni risultano plausibili.

Per valutare come fattori esogeni influenzino l'efficienza, si può modellare la componente u_{it} in funzione di covariate ambientali z_{it} (i.e. indicatori socio-economici, caratteristiche dell'utenza, vincoli territoriali):

$$u_{it} = z_{it}'\delta + \eta_{it}, \eta_{it} \geq 0,$$

stimando congiuntamente frontiera e determinanti dell'inefficienza. Questa scelta riduce il rischio di attribuire all'inefficienza differenze riconducibili a vincoli strutturali osservabili, mantenendo tuttavia distinta l'eterogeneità non osservata persistente α_i .

Data Envelopment Analysis (DEA). La DEA è un metodo non parametrico per l'analisi dell'efficienza, basato su tecniche di programmazione lineare per individuare una “frontiera” empirica a partire dai dati osservati. In un'analisi DEA, ciascuna unità decisionale (i.e. il sistema educativo di una regione) viene confrontata con combinazioni lineari delle altre unità, per determinare se esiste un mix di input-output di riferimento che la domina in efficienza. La DEA costruisce una frontiera empirica dall'involuppo convesso delle osservazioni. In un'impostazione *input-oriented* (coerente con l'idea di minimizzazione delle risorse a parità di risultati), per ciascuna regione *isi* risolve:

$$\min_{\theta, \lambda} \theta \text{ s. t. } Y\lambda \geq y_i; X\lambda \leq \theta x_i; \lambda \geq 0,$$

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

con eventuale vincolo di VRS (convessità) $1'\lambda = 1$ (Banker *et al.*, 1984) quando si ritiene che la tecnologia presenti rendimenti variabili di scala. I punteggi $\theta \in (0,1]$ misurano la contrazione proporzionale massima degli input compatibile con la frontiera.

Una prassi diffusa regredisce i punteggi DEA su variabili ambientali; tuttavia, Simar & Wilson (Simar & Wilson, 2007) mostrano che procedure “naïve” producono inferenza non valida per via della dipendenza seriale indotta dalla stima DEA e della natura censurata/*bounded* dei punteggi. Il loro approccio propone:

1. primo stadio con DEA con *bootstrap* per correggere bias ed ottenere stime più affidabili dei punteggi (ed eventualmente loro distribuzioni campionarie);
2. secondo stadio con regressione troncata dei punteggi (o di una trasformazione coerente) sulle variabili z e con *bootstrap* (anche doppio, “*Algorithm 2*”) per intervalli di confidenza e test robusti.

In sintesi, il *two-stage Simar&Wilson* consente di associare i differenziali di efficienza a fattori di contesto con un impianto inferenziale coerente, evitando conclusioni spurie dovute a proprietà statistiche non standard dei punteggi DEA.

L'impiego congiunto di SFA (con *true effects*) e DEA (con Simar&Wilson) è motivato da una logica di validazione incrociata: la SFA distingue inefficienza e rumore statistico ed è adatta a dati soggetti a errori di misura; la DEA evita l'imposizione di una forma funzionale, risultando utile quando la tecnologia di produzione educativa è complessa o potenzialmente misspecificata in modelli parametrici. In sintesi, l'utilizzo congiunto di SFA e DEA permette di ottenere un quadro completo dell'efficienza della spesa educativa. Da un lato, la SFA fornisce stime parametriche che tengono conto della variabilità stocastica e consentono analisi dirette sui determinanti dell'inefficienza; dall'altro, la DEA offre una misura flessibile dell'efficienza relativa e identifica benchmark concreti di *best practice*. L'adozione di modelli *panel true* ad effetti fissi nella SFA e di un'analisi DEA a due stadi con *bootstrap* assicura che le stime di efficienza comparativa tra regioni siano il più possibile robuste e affidabili, pur tenendo conto della complessità del contesto educativo e delle differenze strutturali territoriali.

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

5.2. Presentazione degli input, degli output e delle variabili di contesto

La definizione accurata delle variabili di input e output, insieme alla raccolta di dati comparabili, sono aspetti cruciali per un'analisi affidabile dell'efficienza. In questo studio, la principale fonte di dati finanziari è rappresentata dai Conti Pubblici Territoriali (CPT), gestiti dall'Agenzia per la Coesione Territoriale. I CPT forniscono informazioni dettagliate sulla spesa pubblica sostenuta a livello regionale, riclassificate in modo omogeneo secondo criteri funzionali e settoriali. In particolare, attraverso i CPT è possibile quantificare la spesa pubblica in istruzione su base regionale distinguendo, ove possibile, tra i diversi gradi educativi (ad esempio scuola primaria, secondaria, università) e tra diverse tipologie di servizi educativi. Questi dati di spesa pubblica costituiscono gli input chiave nell'analisi di efficienza.

Per quanto riguarda gli output, si fa riferimento ad indicatori di risultato che catturano la formazione di capitale umano e, in parte, gli esiti socio-economici collegati all'istruzione. Tra gli output educativi considerati rientrano principalmente:

- performance scolastiche degli studenti: i punteggi medi ottenuti nelle prove standardizzate nazionali (INVALSI). Questi indicatori misurano la qualità degli apprendimenti e delle competenze acquisite durante il ciclo di studi obbligatorio e sono disponibili per regione (INVALSI, 2022).
- tassi di prosecuzione degli studi: il tasso di laureati sulla popolazione giovanile. Questi dati, reperibili da fonti MIUR e ISTAT, indicano in che misura il sistema formativo regionale riesce a trattenere gli studenti nel percorso educativo e a spingerli verso livelli di istruzione più elevati.

Difatti, per effettuare le analisi di efficienza, per ragioni applicative, è stato necessario restringere il panel considerato, includendo le annualità 2012-2022, over presenti tutte le variabili considerate (Tab. 13). Il panel distingue in modo netto variabili della funzione di produzione e variabili di contesto, con un'impostazione compatibile sia con una frontiera non parametrica (DEA) sia con una frontiera stocastica (SFA/TFA). Sul versante degli output, INVSC cattura il livello medio di competenze (punteggi medi INVALSI) misurato tramite prove standardizzate: il punteggio restituito è il *Weighted Likelihood Estimate* (wle), ossia una stima sintetica dell'abilità ottenuta con metodi psicometrici che tengono conto della diversa difficoltà degli item; ciò rende l'indicatore comparabile e adatto a trattamenti quantitativi in frontiera. ENROL misura la partecipazione universitaria regionale come tasso di iscrizione: il tasso di iscrizione è ottenuto rapportando gli iscritti (residenti nella regione) alla popolazione 19-25 residente, rendendolo un indicatore di "transizione" al terziario. Sul versante degli input, EXP rappresenta la spesa pubblica per istruzione (totale) in termini reali (prezzi 2015), normalizzata pro capite della popolazione in età scolastica (3-18), mentre EXP_UNIV EXP rappresenta la spesa pubblica per istruzione universitaria in termini reali (prezzi 2015), normalizzata pro capite della popolazione in età universitaria (19-

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

25). Entrambi questi dati provengono dai Conti Pubblici Territoriali e sono deflazionati. STRU è una proxy della dotazione infrastrutturale/equipaggiamento scolastico (%) come input di capitale fisico; rappresenta il numero di istituti scolastici che sono dotati di specifici servizi a sostegno degli studenti con disabilità (i.e. ascensori, segnaletica specifica, rampe di accesso e simili). LAUR rappresenta la quota, in percentuale, dei laureati sul totale della popolazione di età 19-25 anni.

Le variabili di contesto includono: GDP (PIL reale pro capite, deflazionato, p2015); POVE, l'incidenza di povertà relativa familiare, riconducibile alle misure ufficiali di incidenza della povertà e quindi interpretabile come vincolo socioeconomico all'accumulazione di capitale umano; IQI (Institutional Quality Index) è un indicatore composito su più dimensioni di qualità istituzionale; EDU (*adult education rate*) è una proxy del capitale culturale e della propensione al lifelong learning, è calcolato come totale di persone laureate sul totale della popolazione; STUD è un indicatore di densità/affollamento delle aule ed è calcolato come rapporto tra numero di studenti e classi/aule disponibili; ANSP rappresenta il numero di posti autorizzati in asili nido e sezioni primavera in rapporto alla popolazione 0-2 anni ed è la misura della copertura potenziale dei servizi per la prima infanzia.

Tab. 14. Variabili utilizzate nelle analisi di efficienza. Statistiche descrittive. Anni 2012-2022

Tipologia/Denominazione	Fonte	Media	SD	Min	Max	N
<i>Variabili della funzione di produzione</i>						
INVSC – Punteggio medio INVALSI [wle]	INVALSI	199.41	7.14	183.36	212.91	220
EXP – Spese sett. 5-Istruzione (reale, p2015, pop_3-18_tot) pro capite [€/K]	CPT	5.78	1.08	4.27	9.71	200
EXP_UNIV – Spese sett. 5-Istruzione universitaria (reale, p2015, pop_19-25_tot) pro capite [€/K]	CPT	1.51	0.50	0.54	2.74	200
STRU – Infrastructure equipment rate [%]	ISTAT	61.84	6.40	39.53	77.46	220
ENROL – University enrolment rate [%]	AlmaLaurea	6.27	2.21	1.97	11.55	220
LAUR – Quota laureati sul totale della popolazione 19/25 [%]	ISTAT	7.06	2.60	2.16	14.68	220
<i>Variabili di contesto</i>						
GDP – Real per capita expenditure (p2015) [€/K]	ISTAT	27.05	7.38	15.17	43.08	220
POVE – Family poverty index [%]	ISTAT	12.35	8.25	3.20	36.10	220
IQI – Institutional Quality Index (regional)	Nifo / Vecchione	0.56	0.22	0.06	0.97	220
EDU – Adult education rate [%]	MIUR	9.90	1.61	6.76	15.11	220
STUD – Student per classroom ratio	ISTAT	15.80	1.16	12.92	18.00	220
ANSP – Posti autorizzati asili nido/sezioni primavera [% sugli utenti 0-2 anni]	ISTAT	24.17	8.43	5.40	40.30	200

Fonte: ns. elaborazione.

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

Le statistiche descrittive (Tab. 14) delineano un sistema caratterizzato da eterogeneità territoriale marcata sia negli output sia nei vincoli di contesto: l'ampiezza osservata per INVSC e, ancor più, per ENROL segnala che le regioni differiscono non soltanto nella qualità media degli apprendimenti, ma anche nella capacità di “trasformare” competenze e aspirazioni in prosecuzione degli studi. Questa doppia dimensione è metodologicamente rilevante perché, in un approccio di frontiera, può emergere un trade-off tra risultati immediati (punteggi) e risultati di progressione (iscrizione universitaria), suggerendo l'opportunità di una specificazione multi-output e di verifiche di robustezza su orientamento (input vs output) e rendimenti di scala. Sul lato degli input, la variabilità di EXP a prezzi costanti indica differenze reali nell'intensità di finanziamento (non puramente nominali), mentre STRU segnala disomogeneità nelle dotazioni che possono incidere direttamente sulla produttività del processo educativo e sulla resilienza del sistema (i.e. continuità didattica, ambienti di apprendimento). Le covariate ambientali rafforzano una lettura “strutturale” dei divari: GDP e POVE sintetizzano risorse e vulnerabilità delle famiglie, con potenziali effetti sia diretti sugli output sia indiretti attraverso composizione della domanda educativa; IQI introduce una dimensione istituzionale che può influenzare capacità amministrativa, qualità dei servizi e implementazione delle politiche. In questo quadro, l'uso del secondo stadio di Simar–Wilson è coerente perché fornisce un impianto inferenziale per collegare i punteggi DEA a determinanti esogeni tramite regressione troncata e bootstrap, attenuando le criticità della “two-stage DEA” convenzionale sul piano dell'inferenza. Parallelamente, l'impiego della TFA/SFA *panel true* di Greene risponde allo stesso problema da un'altra angolatura: separare l'inefficienza dall'eterogeneità non osservata *time-invariant* (che, in contesti regionali, è spesso sostanziale) e ridurre il rischio di interpretare differenze strutturali come inefficienza tecnica.

5.3 Efficienza tecnica e capitale umano: risultati TFA

Sulla base del quadro teorico delineato e delle evidenze empiriche richiamate, è possibile delineare alcuni risultati attesi riguardo all'impatto della spesa in istruzione sull'accumulazione di capitale umano, tenendo conto della dimensione territoriale italiana. In generale, ci si attende che una maggiore spesa pubblica in istruzione – se impiegata in modo efficace – abbia un effetto positivo sulla formazione di capitale umano. A livello macro, le regioni che storicamente investono di più e con continuità nell'istruzione tendono a mostrare popolazioni più istruite, forze lavoro con competenze medie più elevate e, nel lungo termine, tassi di crescita economica superiori (Barro, 1991; Hanushek & Woessmann, 2008). Tuttavia, come evidenziato in precedenza, il collegamento non è meccanico: la qualità della spesa conta quanto la quantità. Un sistema educativo inefficiente potrebbe disperdere risorse aggiuntive in costi amministrativi eccessivi, in organizzazioni poco ottimali o in programmi didattici poco efficaci, con il

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

risultato che un aumento della spesa non si traduce in un proporzionale miglioramento degli output formativi (i.e. punteggi degli studenti, tassi di prosecuzione degli studi).

Le stime presentate nella successiva Tab. 15 sono ottenute mediante un modello di SFA su dati panel con *True Fixed Effects* (TFE), volto a distinguere l'eterogeneità non osservata e *time-invariant* delle unità territoriali dalla componente di inefficienza tecnica. La specificazione di riferimento è:

$$y_{it} = x_{it}\beta + \alpha_i + v_{it} - u_{it},$$

dove α_i cattura l'eterogeneità strutturale permanente a livello regionale, v_{it} è un errore simmetrico (shock idiosincratici ed errori di misura) e $u_{it} \geq 0$ misura l'inefficienza tecnica. In tale impianto, i regressori inclusi nella *frontier equation* agiscono sul livello della frontiera potenziale (tecnologia/relazione strutturale tra input e output), mentre i regressori nella $\mu - mu$ equation influenzano la media condizionata dell'inefficienza: coefficienti positivi implicano, ceteris paribus, maggiore inefficienza attesa (minore efficienza), mentre coefficienti negativi indicano minore inefficienza attesa (maggiore efficienza tecnica).

Tab. 15. Stima delle determinanti dell'inefficienza regionale: stime "True Fixed Effect" (TFE). Output: punteggio medio INVALSI (invsc_mean; log)

Variabili	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Efficiency Frontier Model</i>					
EXP – log; lag 1 anno	1.446*** (0.00000821)	1.441*** (0.00000735)	1.486*** (0.00000782)	1.446*** (0.00000481)	1.518*** (0.00000738)
<i>Inefficiency Model (Mu)</i>					
GDP_k – std.	0.0780 (0.117)	0.106 (0.0874)			0.248** (0.116)
POVE – std.		-0.198* (0.101)	-0.0572* (0.0315)	-0.124 (0.0842)	-0.0633 (0.0844)
IQI		-1.088 (.)	-0.0979 (0.137)	-0.582* (0.340)	-0.822** (0.400)
EDU – std.		-0.0839 (0.0618)	-0.0267 (0.0218)	-0.0770 (0.0520)	-0.129** (0.0636)
STUD – std.		-0.148** (0.0676)	-0.0848*** (0.0170)	-0.156*** (0.0509)	-0.111** (0.0459)
Statuto regione (dummy "stat_speciale" = 1)	-0.657 (0.732)	-0.398** (0.201)	0.570*** (0.0591)		
Centro (dummy "centro" = 1)				0.170	0.370**

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

				(0.112)	(0.172)
Mezzogiorno (dummy "mezzogiorno" = 1)				-0.157 (0.159)	0.128 (0.194)
Constant	-0.908 (1.228)	0.318 (0.194)	0.0869 (0.0845)	0.171 (0.207)	0.143 (0.223)
Usigma Constant	-2.026* (1.103)	-2.937*** (0.410)	-4.062*** (0.176)	-3.280*** (0.372)	-3.207*** (0.393)
Vsigma Constant	-34.63 (71.66)	-35.69 (216.6)	-36.29 (215.5)	-36.35 (183.5)	-34.50 (112.9)
Alpha alpha1	2.996*** (0.0000132)	3.004*** (0.0000136)	2.933*** (0.0000125)	2.996*** (0.00000795)	2.880*** (0.0000123)
alpha2	2.737 (.)	2.746*** (0.0000209)	2.667*** (0.0000157)	2.738*** (0.0000116)	2.608*** (0.0000179)
alpha3	3.159*** (0.0000123)	3.166*** (0.0000122)	3.099*** (0.0000112)	3.159*** (0.00000697)	3.050*** (0.0000121)
alpha4	2.336*** (0.0000184)	2.346 (.)	2.254*** (0.0000155)	2.336*** (0.00000937)	2.186 (.)
alpha5	3.226*** (0.0000128)	3.233*** (0.0000117)	3.168*** (0.0000112)	3.226*** (0.00000706)	3.121*** (0.0000113)
alpha6	2.794*** (0.0000176)	2.803*** (0.0000118)	3.296*** (0.0780)	2.794*** (0.00000831)	2.666*** (0.0000125)
alpha7	2.964*** (0.0000138)	2.972*** (0.0000134)	2.900*** (0.0000123)	2.964*** (0.00000772)	2.846*** (0.0000122)
alpha8	2.949*** (0.0000130)	2.957*** (0.0000121)	2.885*** (0.0000117)	2.949*** (0.00000706)	2.831*** (0.0000117)
alpha9	2.890*** (0.0000132)	2.898*** (0.0000124)	2.824*** (0.0000119)	2.890*** (0.00000802)	2.769*** (0.0000140)
alpha10	2.856*** (0.0000215)	2.865*** (0.0000122)	2.789*** (0.0000124)	2.856*** (0.00000839)	2.733*** (0.0000127)
alpha11	2.938*** (0.0000171)	2.946*** (0.0000118)	2.873*** (0.0000118)	2.938*** (0.00000786)	2.818*** (0.0000125)
alpha12	2.939*** (0.0000133)	2.947*** (0.0000122)	2.875*** (0.0000116)	2.939*** (0.00000761)	2.821*** (0.0000132)
alpha13	2.824*** (0.0000138)	2.833*** (0.0000131)	2.757*** (0.0000127)	2.824*** (0.00000747)	2.701*** (0.0000125)

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

alpha14	2.791*** (0.0000138)	2.800*** (0.0000151)	2.723 (.)	2.791*** (0.00000856)	2.666*** (0.0000134)
alpha15	3.080*** (0.0000125)	3.087*** (0.0000132)	3.021*** (0.0000117)	3.080*** (0.00000757)	2.971*** (0.0000125)
alpha16	3.087*** (0.0000122)	3.094*** (0.0000118)	3.027*** (0.0000111)	3.087*** (0.00000696)	2.978*** (0.0000117)
alpha17	2.813*** (0.0000135)	2.821*** (0.0000131)	2.746*** (0.0000124)	2.813*** (0.00000769)	2.690*** (0.0000129)
alpha18	2.849*** (0.0000136)	2.857*** (0.0000158)	2.784*** (0.0000157)	2.849*** (0.00000916)	2.729*** (0.0000145)
alpha19	2.968*** (0.0000130)	2.976*** (0.0000118)	3.449 (.)	2.969*** (0.00000872)	2.855*** (0.0000148)
alpha20	2.606*** (0.0000143)	2.615*** (0.0000128)	3.134*** (0.0608)	2.606 (.)	2.474*** (0.0000145)
Lambda (σ_u/σ_v)					
p-value (H0: $\lambda=1$)	1.20e+07*** (0.2002454)	1.29e+07*** (0.0471886)	9972676*** (0.0115407)	1.51e+07*** (0.0360912)	6254137*** (0.0395629)
N	220	220	220	220	220
LogLik	266.782	283.631	253.796	279.902	273.073

Standard errors in parentheses; * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Fonte: ns. elaborazione.

In tutte le specifiche considerate (1)-(5), il coefficiente associato a EXP risulta positivo, di ampiezza elevata e altamente significativo, collocandosi in un intervallo compreso tra 1,441 e 1,518. L'evidenza è coerente con un effetto strutturale robusto: un incremento dell'1% di EXP si associa, lungo la frontiera stimata, ad un incremento superiore all'1% dell'output considerato (punteggio INVALSI medio). La sostanziale stabilità della stima al variare delle specificazioni dell'inefficienza suggerisce che l'identificazione dell'effetto "tecnologico/strutturale" della componente di spesa sia poco influenzata dall'inclusione di controlli socio-economici e istituzionali nella $\mu - mu$ equation.

Poiché diverse covariate incluse nella $\mu - mu$ equation risultano standardizzate, i coefficienti possono essere letti come variazioni dell'inefficienza attesa associate a uno scostamento pari a una deviazione standard della covariata.

Il risultato più regolare riguarda STUD, che presenta un coefficiente negativo e statisticamente significativo in tutte le specifiche in cui è incluso. Ciò indica che livelli più elevati della dimensione catturata da STUD si associano a minore inefficienza attesa, e dunque a maggiore efficienza tecnica. In prospettiva territoriale, tale pattern è coerente con l'interpretazione di STUD come proxy di densità/affollamento delle aule. Per EDU il segno risulta sistematicamente negativo, ma la significatività emerge in

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

modo netto solo nella specifica (5). L'evidenza è compatibile con un effetto atteso di segno favorevole, ma suggerisce che la sua identificazione sia almeno in parte dipendente dalla specificazione, plausibilmente per sovrapposizioni con dimensioni istituzionali e/o socio-economiche incluse nelle specifiche più ricche. L'indice di qualità istituzionale mostra un coefficiente negativo in tutte le specifiche in cui è stimato e diventa statisticamente significativo nelle specifiche (4) e (5). Assumendo che l'indice sia crescente con la qualità, il risultato supporta l'ipotesi che una migliore qualità istituzionale si associ ad una minore inefficienza attesa, contribuendo a spiegare differenze territoriali di performance non riconducibili alla sola scala degli input.

La variabile POVE presenta coefficienti negativi e debolmente significativi nelle specifiche (2) e (3), ma perde significatività nelle specifiche (4) e (5). La scarsa robustezza suggerisce che l'associazione dipenda dall'insieme dei controlli inclusi e, pertanto, ne sconsiglia una lettura strutturale forte. Per GDP_k, l'effetto non risulta significativo nelle specifiche iniziali e diventa positivo e significativo soltanto nella (5). Anche in questo caso la sensibilità alla specificazione è coerente con l'ipotesi che GDP_k intercetti componenti latenti correlate (i.e. struttura economica, complessità amministrativa, composizione della domanda di servizi) che emergono solo in presenza di un set di controlli più completo.

L'effetto dello statuto speciale risulta instabile: negativo e significativo nella (2), ma positivo e altamente significativo nella (3). Un cambio di segno al variare della specificazione è tipico di variabili che fungono da indicatori compositi di molteplici differenze (fiscali, amministrative, socio-economiche) e che possono essere fortemente correlate con qualità istituzionale e altre caratteristiche territoriali. Ne discende che, in assenza di un disegno identificativo dedicato o di un set informativo particolarmente ricco, l'interpretazione del coefficiente deve rimanere prudente.

Quanto alle dummies macro-territoriali, nella (5) la dummy Centro risulta positiva e significativa, mentre Mezzogiorno non è significativa. Un'interpretazione parsimoniosa è che una parte rilevante delle differenze macro-territoriali venga assorbita dai *true fixed effects* (α_i) e dalle covariate strutturali (capitale umano e istituzioni), riducendo il contributo residuo attribuibile alle sole dummies geografiche.

In termini di bontà di adattamento, i valori di LogLik indicano che la specifica (2) presenta la verosimiglianza più elevata (283,631), seguita dalle specifiche (4) e (5). Il peggioramento osservato nella (3) è indicativo del fatto che l'inclusione congiunta di alcune covariate possa introdurre instabilità o ridurre la capacità esplicativa complessiva, aspetto che va discusso con riferimento a multicollinearità, potenziale ridondanza informativa e identificazione.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

I parametri α_i risultano ampiamente differenziati e stimati con elevata precisione, in linea con la finalità del TFE: separare differenze strutturali permanenti tra regioni – dotazioni, vincoli storici e amministrativi, fattori persistenti non osservati – da inefficienza tecnica variabile nel tempo. Sostanzialmente, l'ampiezza e la significatività degli α_i indicano che una quota non trascurabile della performance osservata è riconducibile ad eterogeneità persistente; ne consegue che modelli che non operano tale separazione rischiano di confondere “struttura” e “performance”, distorcendo l'interpretazione dei differenziali di efficienza.

Proseguendo con l'analisi, nella Tab. 16 è considerato quale output la quota laureati sul totale della popolazione 19/25 anni.

Tab. 16. Stima delle determinanti dell'inefficienza regionale: stime “True Fixed Effect” (TFE). Output: quota laureati sul totale della popolazione 19/25 anni (LAUR; log)

Variabili	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Efficiency Frontier Model</i>					
EXP_UNIV – log	1.561*** (0.201)	1.510*** (0.539)	1.554*** (0.177)	1.324*** (0.150)	0.232*** (0.0645)
<i>Inefficiency Model (Mu)</i>					
GDP_k – std.	0.111 (1.387)	1.049 (1.475)			1.255*** (0.205)
ANSP – std.	-0.938 (0.924)	-1.082 (.)	-1.011 (1.147)	0.655 (2.530)	-1.782*** (0.380)
INVSC – std.	-0.164 (.)	0.0768 (1.388)	0.589 (1.979)	0.572 (3.697)	0.410** (0.179)
POVE – std.		0.279 (1.544)	0.409 (1.734)	0.711 (3.887)	0.174 (0.237)
IQI		-2.446 (.)	-3.762 (.)	-3.039 (18.57)	-1.025 (.)
STUD – std.		-0.173 (.)			0.517*** (0.145)
EDU – std.		1.241** (0.490)	1.835*** (0.693)	0.794 (2.117)	0.333 (0.213)
Statuto regione (dummy "stat_speciale" = 1)	-7.508 (15.57)	-7.458 (19.41)	-6.523 (15.52)		
Centro (dummy "centro" = 1)				-1.452 (4.168)	1.125*** (0.402)

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

Mezzogiorno (dummy "mezzogiorno" = 1)				-1.832 (7.045)	1.246* (0.650)
Constant	-2.371 (.)	-1.208 (.)	-2.050 (.)	-2.129 (11.02)	-1.858 (.)
Usigma Constant	-2.438*** (0.785)	-2.270 (1.631)	-2.151*** (0.646)	-3.229*** (0.538)	-4.126*** (0.498)
Vsigma Constant	-4.130 (.)	-4.327 (.)	-4.058 (.)	-3.687 (.)	-5.706*** (0.132)
Alpha alpha1	1.462*** (0.0806)	1.485*** (0.181)	1.462*** (0.0799)	1.393*** (0.0809)	1.987*** (0.0330)
alpha2	1.226*** (0.0563)	1.234*** (0.0885)	1.223*** (0.0491)	1.122*** (0.0541)	1.111*** (0.0200)
alpha3	1.622*** (0.0812)	1.675*** (0.180)	1.632*** (0.0743)	1.511*** (0.0782)	2.172*** (0.0526)
alpha4	0.526*** (0.161)	0.595 (0.414)	0.511*** (0.142)	0.766*** (0.131)	1.580*** (0.0550)
alpha5	1.459*** (0.0710)	1.478*** (0.155)	1.459*** (0.0708)	1.381*** (0.0740)	1.902*** (0.0296)
alpha6	0.991*** (0.145)	1.031*** (0.374)	0.992*** (0.130)	1.120*** (0.118)	1.929*** (0.0489)
alpha7	1.199*** (0.0841)	1.242*** (0.170)	1.209*** (0.0817)	1.208*** (0.0841)	1.760*** (0.0339)
alpha8	1.155*** (0.158)	1.214*** (0.397)	1.165*** (0.146)	1.259*** (0.135)	2.248*** (0.0563)
alpha9	0.887*** (0.153)	0.934** (0.390)	0.888*** (0.143)	1.049*** (0.131)	1.947*** (0.0545)
alpha10	1.020*** (0.133)	1.066*** (0.335)	1.031*** (0.124)	1.135*** (0.118)	1.946*** (0.0489)
alpha11	1.486*** (0.0821)	1.514*** (0.188)	1.494*** (0.0800)	1.418*** (0.0827)	2.045*** (0.0344)
alpha12	1.557*** (0.111)	2.045*** (0.363)	1.697*** (0.121)	1.507*** (0.105)	2.406*** (0.0443)
alpha13	1.607*** (0.0874)	1.642*** (0.180)	1.614*** (0.0862)	1.511*** (0.0890)	2.226*** (0.0362)
alpha14	1.826*** (0.0563)	1.836*** (0.0885)	1.827*** (0.0536)	1.584*** (0.0532)	1.806*** (0.0197)

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

alpha15	1.955*** (0.0808)	1.881*** (0.0839)	1.862*** (0.0571)	1.627*** (0.0547)	2.218*** (0.0498)
alpha16	1.776*** (0.0907)	1.724*** (0.120)	1.718*** (0.0550)	1.495*** (0.0557)	1.589*** (0.0309)
alpha17	1.631*** (0.142)	1.590*** (0.337)	1.573*** (0.102)	1.333*** (0.0817)	1.034*** (0.0403)
alpha18	1.541*** (0.0814)	1.496*** (0.0940)	1.472*** (0.0546)	1.336*** (0.0532)	1.509*** (0.0233)
alpha19	1.440*** (0.0491)	1.445*** (0.0582)	1.441*** (0.0483)	1.333*** (0.0545)	1.577*** (0.0232)
alpha20	1.054*** (0.0949)	1.079*** (0.228)	1.054*** (0.0875)	1.117*** (0.0836)	1.629*** (0.0335)
Lambda (σ_u/σ_v)					
p-value (H0: $\lambda=1$)	2.329808 (.)	2.796491 (.)	2.593791 (.)	1.257216 (.)	2.204075*** (0.0331645)
N	180	180	180	180	180
LogLik	105.518	119.200	109.285	46.442	243.576

Standard errors in parentheses; * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Fonte: ns. elaborazione.

Rispetto alle evidenze sul modello precedente, l'elemento centrale è la non robustezza del coefficiente di EXP_UNIV). Nelle specifiche *baseline* (1)-(3) l'elasticità appare elevata e relativamente stabile, mentre nella (4) si osserva una riduzione non marginale e nella (5) un drastico ridimensionamento, pur rimanendo statisticamente diverso da zero. Questa dinamica è coerente con un contesto in cui l'associazione inizialmente attribuita alla spesa universitaria incorpori, nelle specifiche parsimoniose, una quota rilevante di eterogeneità strutturale e di driver dell'inefficienza non adeguatamente controllati. Quando la specificazione diventa più informativa (sia sul lato $\mu - mu$ sia nella decomposizione delle componenti stocastiche e territoriali), una parte dell'effetto "spesa \rightarrow laureati" viene assorbita da fattori istituzionali e socio-economici e/o dalla migliore separazione tra inefficienza, rumore e eterogeneità permanente. La lettura più prudente è che la relazione tra spesa universitaria e produzione di laureati sia fortemente confusa da caratteristiche territoriali persistenti e da determinanti non monetari del processo formativo; una volta internalizzati tali elementi nella SFA, l'effetto diretto della spesa sulla frontiera si ridimensiona sensibilmente.

La specifica (5) è quella che restituisce un quadro empirico più "strutturato", con un numero maggiore di covariate significative e parametri di varianza stimati con buona precisione. In tale specifica emergono alcuni risultati rilevanti. GDP mostra un coefficiente positivo e altamente significativo, associato ad una maggiore inefficienza attesa. Una possibile interpretazione è che in contesti economicamente più

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

avanzati aumenti la complessità dei meccanismi che trasformano input di spesa in output quantitativo (laureati), o che intervengano composizioni della domanda/offerta universitaria non catturate dai soli input monetari. Con riferimento ad ANSP, il coefficiente negativo e molto significativo, associato a minore inefficienza attesa. INVSC mostra un coefficiente positivo e significativo, associato a maggiore inefficienza attesa. Il segno non è univoco ex ante e può riflettere un disallineamento tra qualità pre-universitaria e capacità del sistema universitario territoriale di convertirla in laureati oppure un trade-off tra qualità e quantità: territori ad alta performance scolastica si caratterizzano per maggiore selettività o standard più elevati. STUD nella (5) risulta positivo e significativo, quindi associato a maggiore inefficienza attesa. Poiché nel modello precedente STUD era associato a minore inefficienza, la divergenza è informativa e suggerisce che, nel segmento universitario, STUD possa catturare meccanismi differenti (congestione/capacity constraints, composizione degli iscritti, dispersione/abbandono) che riducono l'efficienza nella conversione di risorse in laureati. Al contrario, alcune variabili risultano deboli o non robuste (i.e. statuto speciale con stime imprecise; POVE e qualità istituzionale non significative).

Nella specifica (5), le dummies macro-territoriali risultano positive, indicando inefficienza attesa più elevata nella trasformazione della spesa universitaria in laureati rispetto alla categoria di riferimento (il Nord), condizionatamente ai controlli inclusi. Il fatto che tali effetti emergano in (5) ma non in (4) è coerente con l'evidenza principale: l'identificazione dei driver dell'inefficienza dipende in modo marcato dalla specificazione complessiva e dalla stima delle componenti di varianza.

La decomposizione stocastica qui appare nettamente differente rispetto al caso precedente. In particolare, nella (5) la componente associata al rumore idiosincratico risulta stimata con alta precisione, mentre in altre specifiche l'assenza di errori standard riportati suggerisce difficoltà di identificazione. La componente di inefficienza ($Usigma$) appare presente e statisticamente supportata.

In un'ottica comparativa, un risultato atteso è che i territori con maggiore efficienza nell'impiego della spesa educativa presentino anche livelli più elevati di capitale umano (i.e. competenze medie e/o diffusione dell'istruzione terziaria), indipendentemente dalla spesa assoluta. In questa prospettiva, l'efficienza opera come moltiplicatore: a parità di spesa pro capite, le regioni più efficienti conseguono output formativi superiori; viceversa, performance deludenti in presenza di spesa elevata segnalano margini di recupero riconducibili a inefficienza tecnica.

Coerentemente con l'ipotesi di eterogeneità territoriale, è plausibile osservare differenziali di efficienza significativi tra macro-aree, con alcune regioni del Centro-Nord su livelli superiori alla media e criticità più frequenti nel Mezzogiorno. Parte di tali differenze può riflettere vincoli esterni (contesto socio-economico, struttura demografica e familiare), ma non si possono escludere gap di efficienza "pura" legati

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

a modalità organizzative e gestionali. I risultati orientano la priorità degli interventi nelle aree a bassa efficienza: misure organizzative e di accountability, rafforzamento dei sistemi di valutazione e azioni mirate sulla qualità dei processi possono risultare più incisive dell'incremento indistinto delle risorse. Viceversa, i territori ad alta efficienza costituiscono benchmark utili per identificare pratiche trasferibili.

5.4. Efficienza tecnica e capitale umano: risultati DEA two-stage

L'approccio di Simar & Wilson (Simar & Wilson, 2007) – basato, come detto, su una stima DEA con *bootstrap* seguita da una regressione dei punteggi di efficienza sui fattori esterni – consente di valutare in che misura le differenze osservate nei livelli di efficienza siano attribuibili a condizioni ambientali diverse, piuttosto che a reali differenze gestionali. Un'analisi comparativa dell'efficienza richiede di considerare che le regioni operano in contesti strutturalmente eterogenei (capitale umano, qualità amministrativa, vincoli socio-economici). La procedura consente di distinguere tra differenze nei punteggi di efficienza attribuibili a fattori ambientali esogeni ed una componente residuale più plausibilmente riconducibile a inefficienza non spiegata (in senso operativo: “gap” rispetto alla frontiera una volta condizionato per il contesto).

Il primo stadio stima una DEA output-oriented (Farrell) con rendimenti variabili di scala (VRS) ed una struttura parsimoniosa 1 input - 1 output; la misura di efficienza/inefficienza è corretta per bias mediante *bootstrap* (1.000 repliche). La variabile portata al secondo stadio è un indicatore di inefficienza (con soglia di efficienza pari a 1): per costruzione, una DMU è classificata inefficiente se l'indice è maggiore di uno. Il secondo stadio stima una regressione troncata dell'inefficienza *bias-corrected* sulle covariate ambientali, con *double bootstrap* (Algorithm #2), che è il punto qualificante della procedura: rende l'inferenza coerente rispetto alla natura stimata e vincolata del punteggio DEA e alle dipendenze indotte dalla costruzione della frontiera. Regola interpretativa dei segni (dipendente = inefficienza): $\beta > 0$ equivale ad un aumento dell'inefficienza (peggioramento rispetto alla frontiera); $\beta < 0$, comporta una riduzione dell'inefficienza (miglioramento dell'efficienza).

Tab. 17. Stima delle determinanti dell'inefficienza regionale: stime “*Simar & Wilson*” (DEA two-stage). Output: punteggio medio INVALSI (invsc_mean; log). Input: spese sett. 5-Istruzione (EXP; log, lag 1 anno)

Simar & Wilson (2007) *eff. analysis* (algorithm #2) – Inefficient if *tebc_sch1* > 1

Data Envelopment Analysis:

	Number of DMUs	= 220
	Number of ref. DMUs	= 220
Output oriented (Farrell)	Number of outputs	= 1
Variable returns to scale	Number of inputs	= 1
Bias corrected efficiency measure	Number of reps (bc)	= 1000

Variabile	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
-----------	-----	-----	-----	-----	-----

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

	4		5
	8		5
))
IQI	-	-0.0250***	-
	0		0
	.		.
	0		0
	2		2
	5		3
	0		7
	*		*
	*		*
	*		*
	(	(0.00210)	(
	0		0
	.		.
	0		0
	0		0
	2		2
	3		4
	1		1
))
EDU	-	-0.000938***	-
	0		0
	.		.
	0		0
	0		0
	0		1
	9		3
	3		5
	3		*
	*		*
	*		*
	*		*
	(	(0.000184)	(
	0		0
	.		.
	0		0
	0		0
	0		0
	1		1
	7		9
	9		2
))
STUD	0	0.000609***	0
	.		.
	0		0
	0		0
	0		0
	6		3
	0		1
	0		8

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

	*		
	*		
	*		
	(	(0.000208)	(
	0		(0.000219)
	.		.
	0		0
	0		0
	0		0
	2		2
	3		1
	0		0
))
Statuto regione (dummy "stat_spe-	0		
ciale" = 1)	.		
	0		
	0		
	1		
	5		
	4		
	*		
	0.00111		0.00153**
	(0.000905)	(	(0.000673)
	0		
	.		
	0		
	0		
	0		
	6		
	7		
	4		
)		
Centro			0
(dummy "centro" = 1)			.
			0
			0
			3
			1
			3
			*
			*
			*
			0.00427***
		(	(0.000808)
		0	
		.	
		0	
		0	
		0	
		7	
		0	
		2	
)	

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

Mezzogiorno (dummy "mezzogiorno" = 1)						0	
						.	
						0	
						0	
						2	
						5	
						5	
						*	
						*	0.00402***
						(	(0.00124)
						0	
						.	
						0	
						0	
						1	
						1	
						3	
)	
Constant	1.033***	1	1.026***	1	1.027***		
		.		.			
		0		0			
		2		3			
		6		4			
		*		*			
		*		*			
		*		*			
	(0.00140)	(	(0.00422)	(	(0.00518)		
		0		0			
		.		.			
		0		0			
		0		0			
		5		4			
		0		6			
		4		0			
))			
Sigma	0.00465***	0	0.00324***	0	0.00312***		
		.		.			
		0		0			
		0		0			
		3		3			
		2		1			
		4		7			
		*		*			
		*		*			
		*		*			
	(0.000252)	(	(0.000162)	(	(0.000156)		
		0		0			
		.		.			
		0		0			
		0		0			
		0		0			
		1		1			

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. Un'analisi economica interregionale con dati CPT**

		6		6	
		4		1	
))	
Wald-Chi ² model test	250.15***	7	789.79***	7	818.91***
		7		9	
		4		5	
		.		.	
		5		6	
		0		2	
		*		*	
		*		*	
		*		*	
N	220	2	220	2	220
		2		2	
		0		0	
Standard errors in parentheses; * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$					

Fonte: ns. elaborazione.

La Tab. 17 riporta cinque specifiche del secondo stadio ed indaga le determinanti dell'efficienza della frontiera INVSC-EXP. In essa, con riferimento alle singole variabili, si evidenzia quanto segue.

L'IQI mostra coefficiente negativo e altamente significativo in tutte le specifiche. Il risultato è coerente con l'ipotesi che contesti istituzionali più efficaci (minori frizioni organizzative e allocative) siano associati a minore distanza dalla frontiera DEA.

EDU ha coefficiente negativo e altamente significativo in tutte le specifiche. La lettura più parsimoniosa è "ecosistemica": territori con maggiore capitale umano nella popolazione adulta presentano condizioni che facilitano la produzione di risultati (supporto familiare, domanda educativa più qualificata, contesti sociali favorevoli).

STUD ha coefficiente positivo e significativo nella specifica principale, indicando che maggiore affollamento è associato a maggiore inefficienza. La minore robustezza in una specifica intermedia suggerisce che l'effetto possa essere parzialmente mediato da altri fattori organizzativi non osservati.

POVE ha coefficiente non significativo nella specifica principale. Questo non implica irrilevanza dello svantaggio per gli outcome, ma indica che – dato il set di controlli – l'indicatore non aggiunge potere esplicativo residuo sull'inefficienza DEA stimata (anche perché la DEA è 1×1 e potrebbe non catturare dimensioni qualitative/di dispersione).

Le macro-aree (dummy Centro/Mezzogiorno) mostrano coefficienti positivi e significativi nella specifica (5). Il risultato segnala un differenziale territoriale residuo anche condizionando per IQI, EDU, povertà e pressione organizzativa, compatibile con eterogeneità non pienamente osservata (infrastrutture, composizione studenti, mobilità docente, qualità della spesa, capacità amministrativa effettiva).

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

Lo statuto speciale mostra coefficiente positivo e significativo in alcune specifiche. Trattandosi di un indicatore composito (assetti finanziari/amministrativi, governance e vincoli istituzionali), la lettura deve restare prudente: il coefficiente può riflettere differenze nella tecnologia produttiva o nella misurazione degli input/output più che un effetto "puro" dello statuto.

La spesa pro capite reale per istruzione (EXP) mostra un pattern non robusto (segno e significatività variano tra colonne). Questa instabilità è compatibile con un'allocazione compensativa (più risorse dove i fabbisogni sono più alti o la produttività marginale è più bassa). In sintesi, l'evidenza sostiene una conclusione operativa: non è la quantità di spesa in sé a spiegare stabilmente l'avvicinamento alla frontiera, ma la combinazione di istituzioni, capitale umano e condizioni organizzative.

L'evidenza (IQI e capitale umano come driver robusti) è coerente con risultati noti nella letteratura sull'efficienza in istruzione che, applicando DEA e second stage su contesti italiani, evidenzia il ruolo di variabili ambientali e istituzionali nella spiegazione delle differenze di performance/efficienza.

In termini interpretativi, la procedura Simar-Wilson consente di evitare una lettura meccanica dei ranking di efficienza: parte del divario può essere "spiegata" dal contesto; la quota residua è più compatibile con criticità di governance ed allocazione delle risorse che meritano approfondimenti mirati (anche con analisi di sensitività su tecnologia DEA, set di input/output e definizioni alternative di output).

Passando all'analisi della Tab. 18, si cerca di indagare le determinanti dell'efficienza della frontiera LAUR-EXP_UNIV. La discussione dei risultati è riportata nel prosieguo.

Tab. 18. Stima delle determinanti dell'inefficienza regionale: stime "Simar & Wilson" (DEA two-stage). Output: quota laureati sul totale della popolazione 19/25 anni (LAUR; log). Input: spese sett. 5-Istruzione universitaria (EXP_UNIV; log, lag 1 anno)

Simar & Wilson (2007) eff. analysis (algorithm #2) – Inefficient if $tebc_sch1 > 1$

Data Envelopment Analysis:					
		Number of DMUs	=	200	
		Number of ref. DMUs	=	200	
Output oriented (Farrell)		Number of outputs	=	1	
Variable returns to scale		Number of inputs	=	1	
Bias corrected efficiency measure		Number of reps (bc)	=	1000	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Variabile		i		i	
		n		n	
		e		e	
	inefficiency	f	inefficiency	f	inefficiency
		f		f	
		i		i	
		c		c	

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

		i e n c y		i e n c y
GDP		0 . 0 1 4 9 * * * (0 . 0 0 2 5 7)		0 . 0 1 3 2 * * * (0 . 0 0 2 3 5)
	0.00728***		0.0149***	
	(0.00251)		(0.00332)	
ANSP		0 . 0 1 2 4 * * * (0 . 0 0 2 3 7)		0 . 0 1 3 2 * * * (0 . 0 0 2 3 5)
	-0.00842***	0.0146***	0.0125***	
	(0.00213)	(0.00266)	(0.00221)	
POVE				
IQI		- 0 . 4 4 7 * *		- 0 . 3 8 8 * *
		-0.0980	-0.551***	

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

	*		*
	((
	0		0
	.		.
	0	(0.0688)	1
	8		(0.102)
	7		0
	5		2
))
EDU	-		-
	0		0
	.		.
	1		1
	3	-0.130***	3
	1		0
	*		*
	*		*
	*		*
	((
	0		0
	.		.
	0	(0.0142)	0
	1		1
	2		3
	2		5
))
STUD			
Statuto regione (dummy "stat_speciale" = 1)	0		
	.		
	0		
	3		
	0		
	7	0.146***	-0.00362
	(
	0		
	.		
	0	(0.0373)	(0.0319)
	2		
	8		
	6		
)		
Centro (dummy "centro" = 1)			-
			0
			.
			0
			6
			1
			9
			*
			(
			0.0404
			(0.0369)

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

				0	
				.	
				0	
				3	
				2	
				5	
)	
Mezzogiorno (dummy "mezzogiorno" = 1)				-	
				0	
				.	
				1	
				8	
				6	
				*	
				*	
				*	-0.0567
				(
				0	
				.	
				0	(0.0530)
				4	
				9	
				9	
)	
Constant		2		2	
		.		.	
		1		5	
	1.271***	3	2.286***	6	2.317***
		6		7	
		*		*	
		*		*	
		*		*	
		((
		0		0	
		.		.	
	(0.0539)	0	(0.104)	1	(0.132)
		9		3	
		0		9	
		6)	
))	
Sigma		0		0	
		.		.	
		1		1	
	0.167***	2	0.138***	3	0.124***
		6		2	
		*		*	
		*		*	
		*		*	
		((
	(0.0111)	0	(0.00826)	0	(0.00726)
		.		.	

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

		0		0	
		0		0	
		7		7	
		1		8	
		9		2	
))	
Wald-Chi ² model test		1		1	
		5		1	
		1		4	
		.		.	
	27.35***	7	102.88***	3	151.16***
		3		1	
		*		*	
		*		*	
		*		*	
N		2		2	
	200	0	200	0	200
		0		0	

Standard errors in parentheses; * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Fonte: ns. elaborazione.

Nella specifica principale (col. 5), l'inefficienza tecnica regionale nella trasformazione di spesa universitaria ($t-1$) in quota di laureati (19–25 anni) risulta associata in modo sistematico a tre blocchi di fattori.

IQI: coefficiente negativo e altamente significativo. Questo risultato è coerente con l'ipotesi che contesti istituzionali più efficaci riducano frizioni organizzative/allocative e accorcino la distanza dalla frontiera DEA. Un incremento di 0,1 punti di IQI si associa a una riduzione dell'inefficienza di circa 0,055 punti (*ceteris paribus*).

EDU: coefficiente negativo e altamente, uno stock più alto di competenze nella popolazione adulta sostiene, direttamente o indirettamente, la capacità del territorio di produrre esiti terziari misurabili, riducendo l'inefficienza stimata.

GDP: coefficiente positivo e significativo. Il coefficiente si interpreta come semi-elasticità e, quindi, variazioni percentuali dell'indicatore sono associate a variazioni assolute del punteggio di inefficienza. L'ordine di grandezza è contenuto ma robusto nelle specifiche in cui la variabile è inclusa. L'associazione positiva è coerente con (almeno) due letture non mutuamente esclusive: una prima, quale componente di complessità/struttura non osservata correlata al livello dell'indicatore; una seconda, di converso, connessa con possibili meccanismi reattivi/compensativi nell'allocazione delle risorse (endogeneità sostanziale), che la procedura Simar–Wilson non elimina automaticamente, pur rafforzando l'inferenza statistica.

ANSP è altamente significativo in tutte le specifiche ma mostra un fatto empiricamente rilevante: in (1) il coefficiente è negativo, mentre nelle specifiche più complete (2-5) diventa positivo e stabile.

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

L'inversione di segno è tipica di una variabile fortemente correlata con determinanti “pro-efficienza” (i.e. istituzioni/capitale umano) che, una volta introdotti esplicitamente, modificano la correlazione parziale residua di ANSP.

Le dummies di macro-area e di statuto speciale non mantengono un'evidenza robusta: ciò suggerisce che, una volta controllato per IQI, EDU e ANSP (oltre alla variabile GDP), il contributo residuale di “pura geografia” o di indicatori istituzionali composti si riduce sensibilmente. In altre parole, i differenziali territoriali sembrano operare principalmente attraverso canali strutturali osservabili (istituzioni e capitale umano) più che come effetto macro-area autonomo.

Il quadro della Tab. 18 supporta una conclusione operativa: una valutazione comparativa dell'efficienza non può fondarsi su ranking “grezzi”, ma deve incorporare sistematicamente i vincoli ambientali. In questa prospettiva, la procedura Simar-Wilson restituisce un confronto più informativo perché consente di identificare i casi in cui l'inefficienza persiste anche dopo il controllo per contesto (possibili criticità di governance/allocazione) e di distinguere i casi in cui il divario di performance riflette soprattutto condizioni esterne (istituzioni, capitale umano, dotazioni/servizi), orientando interventi su capacità amministrativa e qualità delle politiche più che su incrementi indistinti di spesa.

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

6. Conclusioni

Il presente studio ha esaminato l'efficienza della spesa pubblica in istruzione nelle regioni italiane tramite l'applicazione congiunta di modelli di frontiera parametrici e non parametrici. I risultati ottenuti indicano che, in media, esistono significativi margini di inefficienza tecnica nell'uso delle risorse educative: alcune regioni riescono a tradurre la spesa in risultati (migliori punteggi di apprendimento e tassi maggiori di laureati) in modo molto più efficace di altre. Sul piano quantitativo, è stata stimata l'elasticità della produzione educativa rispetto alla spesa: coefficienti superiori all'unità suggeriscono che aumenti di risorse possono effettivamente migliorare gli esiti formativi. Tuttavia, tali miglioramenti non sono garantiti ovunque allo stesso modo. Il fattore discriminante è il contesto: regioni caratterizzate da un tessuto istituzionale solido (alta qualità della pubblica amministrazione locale) e da un capitale umano più diffuso presentano livelli di inefficienza molto inferiori. Al contrario, il semplice incremento della spesa pro capite, isolatamente considerato, non spiega in modo stabile le differenze di efficienza. Questo risultato centrale suggerisce che non basta spendere di più per ottenere migliori risultati poiché dove l'ambiente socio-istituzionale non è favorevole, la stessa spesa aggiuntiva rende meno in termini di risultati educativi. È stata rilevata, inoltre, l'evidenza di un possibile trade-off tra le due dimensioni di output considerate (apprendimenti scolastici vs. prosecuzione universitaria): le regioni eccellenti nei test standardizzati tendono a non eccellere – in termini relativi – nella formazione di laureati, una volta standardizzato per input e contesto. Ciò conferma la rilevanza di valutazioni multi-obiettivo dell'efficacia della spesa. Complessivamente, i risultati principali sottolineano tre aspetti *core*:

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

- 1- l'importanza cruciale dei driver di contesto (istituzioni e capitale umano) nell'influenzare l'efficienza della spesa educativa;
- 2- la presenza di differenziali territoriali di efficienza che permangono in parte anche dopo aver considerato il contesto (indicativi di specifiche criticità gestionali locali);
- 3- la necessità di approcci valutativi sfaccettati, che tengano conto di più output educativi e non si affidino a un singolo indicatore.

Le conclusioni sopra descritte si mantengono valide attraverso una serie di verifiche di robustezza. In primo luogo, l'impiego di due metodologie differenti – SFA con effetti fissi e DEA con regressione *bootstrap* – ha prodotto evidenze convergenti sulla direzione e significatività della maggior parte dei coefficienti di interesse (in particolare, segno negativo per IQI ed EDU su inefficienza, nessun effetto robusto per POVE, elasticità positive della spesa sugli output). Ciò conferisce maggiore credibilità ai risultati, poiché riduce la possibilità che essi siano artefatti di una specifica assunzione modellistica. In secondo luogo, sono state considerate diverse specifiche alternative che non alterano qualitativamente il ranking di efficienza stimato, confermando che le conclusioni non dipendono da assunzioni restrittive sulla tecnologia produttiva.

Per quanto concerne l'eterogeneità, l'analisi ha messo in luce differenze sistematiche tra aree geografiche: il Centro-Nord tende ad essere più vicino alla frontiera efficiente rispetto al Mezzogiorno nei risultati scolastici, anche a parità di contesto. Tuttavia, tale gap territoriale si riduce sensibilmente o scompare quando si considerano i risultati universitari, indicando che le regioni meridionali, pur partendo da condizioni socio-economiche meno favorevoli, riescono ad impiegare le risorse universitarie con un'efficienza comparabile alle altre regioni. Questo pattern eterogeneo riflette probabilmente differenze settoriali (i.e. politiche nazionali più uniformi nell'università rispetto alla scuola) e merita ulteriori approfondimenti. Un'altra forma di eterogeneità esplorata riguarda lo status istituzionale speciale di alcune regioni: i risultati hanno mostrato coefficienti non univoci per la dummy di "regione a statuto speciale" (talora positivi, talora nulli). Ciò implica che l'autonomia finanziaria-amministrativa di per sé non garantisce né penalizza l'efficienza, ma il suo impatto dipende da come essa si traduce in politiche locali (da interpretare con prudenza, considerando che lo statuto speciale comporta anche differenze non osservate nella struttura di spesa e nella tecnologia educativa).

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

Dal punto di vista dell'identificazione causale, i risultati vanno interpretati con la dovuta cautela ma offrono spunti utili per le politiche pubbliche. Sebbene il disegno non costituisca un esperimento controllato, l'utilizzo di effetti fissi e di controlli di contesto attenua significativamente i bias da confondimento, avvicinando l'interpretazione dei coefficienti ad una relazione di tipo "ceteris paribus". Possiamo dunque affermare che condizionatamente alle altre variabili incluse, un miglioramento della qualità istituzionale regionale o un aumento del capitale umano di contesto conducono ad una riduzione dell'inefficienza della spesa educativa. Tale linguaggio causale è appropriato entro i limiti dell'analisi osservazionale: ad esempio, un programma di rafforzamento della capacità amministrativa locale (i.e. riforme anti-corruzione, digitalizzazione dei servizi educativi, e simili) verosimilmente produrrebbe un uso più efficiente dei fondi scolastici, analogamente a quanto osservato nelle regioni con alti valori di IQI. Allo stesso modo, investimenti che innalzino lo stock di competenze di base della popolazione (i.e. formazione continua degli adulti, contrasto dell'abbandono scolastico) tenderebbero a migliorare gli output educativi senza richiedere proporzionali aumenti di spesa, incrementando quindi l'efficienza. Dal lato della spesa pubblica, l'analisi evidenzia che politiche di finanziamento meramente quantitative (aumenti lineari del budget dell'istruzione) potrebbero non tradursi in miglioramenti equivalenti negli outcome se attuate in contesti deboli dal punto di vista socio-istituzionale. Questo suggerisce un ripensamento delle strategie di allocazione: una politica *evidence-based* dovrebbe prevedere, accanto ai trasferimenti finanziari, misure di accompagnamento per rafforzare il contesto, migliorando, tra l'altro, *capacity building* locale, standard minimi di servizio ed *accountability*. In termini di finanza pubblica, un possibile approccio sarebbe l'introduzione di meccanismi premiali nei trasferimenti statali che tengano conto dell'efficienza condizionata come, a titolo esemplificativo, destinare risorse aggiuntive (o margini di spesa flessibili) alle regioni che dimostrano miglioramenti di performance a parità di condizioni, creando incentivi alla buona gestione. Inoltre, i risultati sul trade-off apprendimento/iscrizioni indicano che i *policy maker* dovrebbero bilanciare gli obiettivi a breve e lungo termine: politiche focalizzate esclusivamente sul miglioramento dei test standardizzati potrebbero avere conseguenze indesiderate sul proseguimento degli studi; occorre quindi un approccio integrato che valorizzi sia la qualità dell'istruzione di base sia la diffusione dell'istruzione terziaria. In generale, le evidenze forniscono supporto empirico all'idea che le disparità educative territoriali vadano affrontate combinando interventi strutturali e gestione efficiente: solo migliorando il substrato

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

istituzionale e umano ogni euro aggiuntivo speso in istruzione potrà realmente colmare i gap di risultati tra Nord e Sud.

Pur offrendo nuove evidenze, questo lavoro presenta alcuni limiti che segnalano opportunità per ricerche future. Un primo limite riguarda le misure di output considerate: sono stati utilizzati indicatori standard (punteggi INVALSI e quota di laureati) che catturano aspetti importanti ma non esauriscono il concetto di performance educativa. Ad esempio, restano fuori dall'analisi outcome quali le competenze non-cognitive, l'occupabilità dei diplomati e laureati o la qualità della ricerca universitaria, che potrebbero essere inclusi in futuri studi per una valutazione più completa. Un secondo limite è legato alla staticità del framework: le stime fotografano l'efficienza media su un periodo pluriennale, ma non colgono pienamente l'evoluzione dinamica come l'effetto di riforme intervenute nel periodo o i cambiamenti di comportamento degli attori locali. Analisi future potrebbero adottare approcci dinamici o modelli di frontiera temporale per valutare come le singole regioni migliorino o peggiorino la loro efficienza nel tempo e quali fattori guidino tali traiettorie. Un terzo limite riguarda possibili bias di endogeneità residua: sebbene i modelli adottati controllino per molti fattori, non è possibile escludere completamente che alcune variabili di contesto siano a loro volta influenzate dalla performance educativa (si pensi al circolo virtuoso tra capitale umano e risultati scolastici). Studi successivi potrebbero esplorare identificazioni causali più stringenti, ad esempio sfruttando variazioni esogene per isolare l'effetto di specifici interventi sulla spesa o sul contesto. Un quarto limite sta nell'ampiezza del campione: l'analisi interregionale, per quanto utile, si basa su 20 unità territoriali, il che pone dei vincoli econometrici (soprattutto per l'analisi non parametrica). Un'estensione interessante consisterebbe nel condurre analisi di efficienza a livello infraregionale o di singole scuole/università, utilizzando microdati e confrontando le province o i singoli istituti; ciò fornirebbe evidenze più dettagliate e direttamente azionabili a livello gestionale. Infine, lo studio si è concentrato sull'efficienza tecnica "*within-sample*", ossia relativa alle regioni italiane nel periodo considerato. Rimane aperta la questione dell'esternalità di contesto: replicare l'analisi in altri paesi con diversi modelli educativi o in periodi successivi permetterebbe di verificare la validità esterna dei risultati ed identificare *best practice* internazionali trasferibili. L'agenda di ricerca dovrebbe dunque muoversi verso studi comparativi internazionali e verso l'integrazione di approcci multidisciplinari (coinvolgendo pedagogisti ed esperti di management pubblico) per

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

disegnare politiche *evidence-based* capaci di migliorare l'efficacia della spesa educativa ovunque ve ne sia più bisogno.

7. Prospettive future

Il rapido evolversi del regionalismo differenziato rende necessario dotarsi di strumenti analitici innovativi per individuare e prevedere i LEP in ambito educativo. Studi recenti in ambito econometrico sottolineano come, di fronte a basi di dati sempre più estese e dettagliate, sia opportuno ricorrere a tecniche di *machine learning* (ML) capaci di gestire un elevato numero di potenziali predittori e di modellare relazioni complesse e non lineari. In questo contesto si propone un'estensione metodologica basata sul ML per stimare i livelli essenziali di servizio: l'idea centrale è utilizzare i dati storici su spesa, contesto e risultati educativi delle varie regioni per “apprendere” una funzione di previsione della performance (esiti degli studenti, livelli di istruzione raggiunti) e, invertendola, dedurre il livello minimo di input necessario a garantire determinati standard uniformi. Un tale approccio *data-driven* consentirebbe di supportare con evidenze empiriche la determinazione dei LEP, superando l'attuale difficoltà di identificare “il nucleo essenziale” delle prestazioni in modo oggettivo (UPB, 2023). In particolare, due sono i vantaggi attesi: -1- maggiore robustezza analitica, grazie all'utilizzo di metodi statistici avanzati addestrati su dati osservativi reali, riducendo l'affidamento su semplici parametri normativi o su opinioni esperte; -2- maggiore flessibilità, poiché i modelli di ML possono essere aggiornati man mano che nuovi dati diventano disponibili (i.e. esiti di nuove tornate INVALSI, aggiornamenti di spesa CPT), assicurando che la stima dei LEP rifletta l'evoluzione delle condizioni territoriali quasi in tempo reale.

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

Il metodo cardine proposto è la regressione LASSO (*Least Absolute Shrinkage and Selection Operator*), introdotta da Tibshirani negli anni '90 (Tibshirani, 1996). La LASSO è una tecnica di regressione penalizzata che aggiunge un vincolo alla somma dei coefficienti, inducendo in modo efficiente all'azzeramento di quelli associati a covariate poco rilevanti. In altri termini, funge da algoritmo di selezione automatica delle variabili, mantenendo nel modello finale solo i predittori più significativi per spiegare l'output di interesse. Questa caratteristica è cruciale nel nostro contesto: l'analisi dei LEP educativi potrebbe inizialmente includere decine di possibili determinanti (spese per vari interventi, indicatori sociali, variabili istituzionali), ma non tutti esercitano un impatto materiale sui risultati. L'uso della LASSO permette di isolare un insieme ridotto di driver fondamentali, migliorando l'interpretabilità e riducendo il rischio di *overfitting*. Inoltre, la LASSO si presta bene a contesti di alta dimensionalità ($p \gg n$) e fornisce modelli parsimoniosi anche quando il numero di osservazioni (ad es. regioni) è limitato rispetto ai potenziali regressori, scenario comune nelle analisi regionali italiane. Va sottolineato che, a differenza della selezione manuale di variabili o di approcci *stepwise* tradizionali, la LASSO effettua la scelta in un unico passaggio, ottimizzando una funzione obiettivo globale, il che garantisce consistenza sotto condizioni abbastanza generali (Belloni *et al.*, 2014). Nel nostro studio utilizzeremo la LASSO principalmente per due scopi: -1- predittivo, massimizzando l'accuratezza delle previsioni dei risultati educativi regionali sulla base dei fattori disponibili; -2- esplicativo, identificando quali input (spesa, caratteristiche demografiche e simili) siano indispensabili per raggiungere determinati livelli di performance e, di conseguenza, da considerare nei LEP.

Accanto alla metodologia LASSO, la piattaforma Stata 19 offre un ecosistema ampliato di algoritmi di machine learning utili per raffinare l'analisi predittiva. In particolare, attraverso il nuovo comando *h2oml* integrato, è possibile addestrare modelli di *random forest* e *gradient boosting* sia per regressione sia per classificazione, sfruttando la libreria H2O direttamente in Stata. Questi metodi, basati su insiemi di alberi decisionali, permettono di catturare in modo non parametrico interazioni e non linearità potenzialmente presenti nei dati (ad es. effetti soglia della spesa oltre i quali i rendimenti educativi accelerano o saturano). Nel piano operativo, si prevede di utilizzare tali tecniche come benchmark non lineari per confrontare le prestazioni del modello LASSO (lineare). Un confronto di questo tipo fornirà indicazioni sull'adeguatezza

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

della specificazione lineare: se i modelli ad alberi mostrassero un errore di previsione molto inferiore, ciò indicherebbe l'esistenza di pattern non lineari rilevanti tra input e output educativi, segnalazione utile per eventuali estensioni. Va tuttavia considerato che la LASSO, pur essendo un modello lineare, può incorporare indirettamente non linearità includendo trasformazioni appropriate delle variabili qualora vi siano fondate ragioni teoriche o evidenza empirica di effetti non lineari. Anche per questo, nelle fasi preliminari dell'analisi si procederà a un feature engineering ragionato: ad esempio, si potrebbe inserire la spesa pro capite per studente invece della spesa totale, oppure indicatori qualitativi di input (come la percentuale di docenti abilitati) in grado di catturare elementi strutturali previsti dalla normativa sui LEP (i.e. standard professionali omogenei degli insegnanti sull'intero territorio, confronti con PNRR e riforme correlate). In ogni caso, l'utilizzo di ML avanzato sarà condotto in parallelo e con finalità esplorative, mantenendo la LASSO come metodo principale per la determinazione empirica dei LEP, data la sua maggiore interpretabilità e la consolidata integrazione nei flussi di lavoro econometrici (Varian, 2014; Mullainathan & Spiess, 2017).

La peculiarità di questa proposta risiede nell'affrontare simultaneamente più dimensioni dell'esito educativo attraverso un modello multi-output (o multi-obiettivo). In linea con l'impostazione generale del lavoro, si ritiene infatti che i LEP in ambito istruzione debbano essere declinati su più indicatori complementari: almeno uno relativo alle competenze acquisite dagli studenti durante il ciclo scolastico (misurate dai test standardizzati INVALSI) e uno relativo ai titoli di studio raggiunti dalla popolazione (misurando l'esito finale del percorso formativo, cioè il livello di istruzione completato). Tali indicatori colgono aspetti differenti ma entrambi fondamentali del diritto all'istruzione: la qualità degli apprendimenti e la diffusione dell'istruzione terziaria. Un modello multi-output consente di stimare questi due output in modo coerente, sfruttando le eventuali correlazioni tra di essi. Ad esempio, regioni con punteggi INVALSI elevati tendono anche ad avere una maggiore quota di laureati, in ragione di un migliore background formativo: modellare congiuntamente i due indicatori può dunque rafforzare il potere predittivo, "prestando" informazione da un output all'altro. In termini tecnici, ciò equivale a implementare un approccio di *multi-task learning*, in cui si assume che i due compiti di previsione condividano in parte gli stessi predittori rilevanti. È possibile imporre questa struttura condivisa utilizzando varianti multi-output della LASSO: ad esempio, la *Multi-Task Lasso*

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

penalizza la somma delle norme L2 dei coefficienti di ciascun predittore attraverso i task, favorendo una selezione comune delle variabili. La letteratura ha mostrato che, quando gli output sono correlati, strategie multi-task possono migliorare sia l'accuratezza predittiva sia l'interpretabilità, evidenziando un insieme di fattori comuni che spiegano simultaneamente più risultati (Argyriou *et al.*, 2008). Nel nostro caso, ciò potrebbe rivelare che determinati investimenti (come la spesa per istruzione primaria o per servizi di supporto allo studio) incidono positivamente sia sulle competenze medie rilevate a scuola sia, nel lungo periodo, sul numero di giovani che proseguono fino alla laurea.

In termini pratici, l'implementazione in Stata di un modello realmente multi-output non è immediata, poiché i comandi LASSO standard ammettono una sola variabile dipendente per volta. Pertanto, si seguirà un approccio pragmatico articolato in due passi: in primo luogo, si stimerà una LASSO separata per ciascun *outcome*, ottenendo due modelli distinti con i relativi insiemi di variabili selezionate; in secondo luogo, si confronteranno tali insiemi per identificare le variabili comuni. Questo confronto fornirà indicazioni sui candidati a LEP empirici: se, ad esempio, la spesa per servizi ausiliari (mensa, trasporto) risultasse selezionata sia nel modello del punteggio INVALSI sia in quello del tasso di laureati, ciò suggerirebbe che tale voce di spesa è un determinante cruciale da garantire uniformemente (e dunque un LEP da finanziare). In definitiva, l'approccio multi-output garantisce coerenza all'analisi dei LEP educativi: invece di esaminare separatamente ogni indicatore, si adotta una visione unitaria della performance del sistema formativo, in linea con l'idea che i diritti educativi si realizzino su più livelli (abilità acquisite e opportunità di conseguire titoli). Ciò riflette anche le indicazioni del Comitato LEP, che nella relazione finale ha identificato una pluralità di prestazioni e standard nell'istruzione da assicurare in modo uniforme (dall'accesso alla scuola dell'infanzia fino al completamento dell'università).

La base informativa di partenza sarà costituita dai dati del dataset alimentato con lo studio oggetto del presente lavoro, con centralità ai Conti Pubblici Territoriali, integrando ulteriori covariate utili a spiegare i risultati educativi e a catturare elementi rilevanti ai fini dei LEP.

Dopo aver stimato i modelli, si passerà all'interpretazione economico-politica dei risultati. Il primo passo sarà valutare la performance predittiva, confrontando LASSO, modelli benchmark e, eventualmente, una regressione OLS tradizionale (senza selezione), al fine di evidenziare i

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

benefici dell'approccio proposto. Una buona accuratezza predittiva rafforzerebbe la credibilità del modello come strumento di determinazione dei fabbisogni standard. Il secondo passo, cruciale, è analizzare le variabili selezionate dalla LASSO: esse rappresentano, in sostanza, i candidati determinanti per i quali garantire livelli minimi su tutto il territorio. Ad esempio, se il modello identificasse la spesa per servizi di trasporto scolastico come rilevante per migliorare sia i punteggi INVALSI sia la probabilità di laurearsi, ciò suggerirebbe che un LEP in istruzione dovrà includere l'accesso universale a un trasporto scolastico efficiente (e alle relative risorse). Analogamente, se emergesse come importante il rapporto alunni/docenti (indicando che classi meno affollate nel Mezzogiorno condurrebbero a risultati migliori), un LEP implicito potrebbe essere il rispetto di un determinato massimo di alunni per classe in ogni scuola italiana. Si tradurranno quindi i risultati del modello in termini di policy. Infine, dal punto di vista operativo, i risultati andranno confrontati con le indicazioni normative vigenti. Qualora l'analisi suggerisse soglie o interventi diversi da quelli sinora ipotizzati, si dovrà valutare se vi sia coerenza oppure se, al contrario, occorra un adeguamento normativo. Ad esempio, se il Comitato LEP avesse proposto un determinato standard per il tempo pieno scolastico e il modello indicasse che esso incide significativamente sugli output, vi sarebbe convergenza e una chiara evidenza a supporto. Se invece emergesse un fattore finora trascurato normativamente (i.e. infrastrutture digitali nelle scuole), ciò costituirebbe un input per arricchire la definizione di LEP nelle sedi decisionali competenti. In ogni caso, l'utilizzo di strumenti quantitativi avanzati come quelli descritti rientra a pieno titolo nei compiti delle strutture tecniche di supporto: come sottolineato dall'Ufficio Parlamentare di Bilancio, alle unità tecniche spetta suggerire le metodologie di calcolo più adeguate e fornire quantificazioni chiare degli oneri finanziari per i LEP, informando così le scelte politiche. La nostra proposta incarna questo principio, ponendosi come ponte tra evidenza empirica e decisione normativa.

La sezione proposta traccia un percorso metodologico innovativo per l'analisi e la previsione dei LEP nell'istruzione, ma diversi sviluppi futuri sono possibili per perfezionare e integrare il lavoro. In primo luogo, un naturale passo successivo consisterà nell'estendere la platea di *outcome* considerati, ad esempio includendo l'abbandono scolastico tra gli output (alla luce degli obiettivi UE/PNRR sul tema) o indicatori di qualità dell'istruzione terziaria (come la percentuale di laureati occupati a 1-3 anni dal titolo). Ciò renderebbe il modello multi-output ancora

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

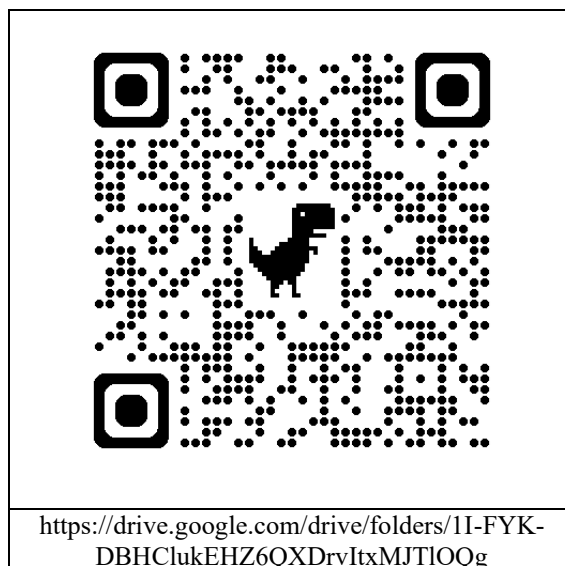
più completo nel coprire l'intero ciclo formativo, sebbene richieda dati aggiuntivi. In secondo luogo, sarà opportuno condurre analisi di sensibilità e robustezza: testare il modello con specifiche alternative (includendo o rimuovendo determinati predittori) e verificare la stabilità della selezione delle variabili al variare di λ entro un intorno della stima ottimale. Questo può essere fatto tracciando la cosiddetta *regularization path* della LASSO e identificando se esista un nucleo di variabili quasi sempre selezionate. In terzo luogo, si potrebbe sperimentare l'uso di algoritmi di ottimizzazione multi-obiettivo che individuino direttamente un compromesso ottimale tra i diversi output: ad esempio, pesando punteggi INVALSI e quota di laureati in un unico indice composito da massimizzare. Tali approcci potrebbero offrire insight su come bilanciare priorità di *policy* differenti. Un ulteriore aspetto da esplorare è l'utilizzo di dati a granularità più fine (dati comunali o a livello di singola scuola) per costruire modelli nidificati che stimino i LEP *bottom-up*. Ciò permetterebbe di evidenziare sacche di sotto-investimento anche all'interno di regioni mediamente virtuose, fornendo indicazioni per la perequazione infrateritoriale (tra province o comuni). Dal punto di vista istituzionale, i risultati quantitativi dovranno infine tradursi in un processo decisionale concreto: i prossimi passi coinvolgeranno quindi un dialogo tra tecnici e decisori politici per definire soglie LEP formalmente adottabili e, soprattutto, finanziariamente coperte. In quest'ottica, si potrebbero utilizzare le evidenze emerse per redigere una proposta regolamentare di dettaglio, da sottoporre poi alla Conferenza Stato-Regioni e al Parlamento. Sarà fondamentale assicurare trasparenza in questo trasferimento di conoscenze: pubblicare i risultati, i codici e i dataset utilizzati (compatibilmente con la riservatezza) e spiegare in termini chiari, anche tramite indicatori sintetici, come si sia giunti a raccomandazioni specifiche. Solo così l'analisi quantitativa potrà avere piena legittimazione e aiutare a orientare in modo oggettivo il dibattito politico sul finanziamento dell'istruzione nell'Italia delle autonomie. In conclusione, l'approccio qui delineato rappresenta un tentativo di coniugare rigore accademico e rilevanza pratica: mediante l'uso di strumenti di machine learning adattati al contesto istituzionale italiano, si può fornire un contributo significativo alla determinazione *evidence-based* dei LEP, garantendo al contempo aderenza ai principi normativi e un supporto concreto al processo di attuazione del regionalismo differenziato.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

Allegati

Si segnala che i materiali a supporto dell'analisi empirica – inclusi i file relativi alla presentazione/descrizione operativa delle variabili ed il data dictionary – sono resi disponibili in formato scaricabile.

L'accesso ed il download dei file avvengono tramite il QR Code riportato successivamente che reindirizza direttamente alla risorsa contenente la documentazione e i file allegati.



Per ottenere il dataset completo, si prega di contattare gli autori inviando una e-mail al seguente indirizzo di p.e.o.: orlando.biele@gmail.com .

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

Bibliografia

- Acemoglu, D., & Autor, D. (2011). Skills, tasks and technologies: Implications for employment and earnings. In O. Ashenfelter & D. Card (Eds.), *Handbook of Labor Economics* (Vol. 4, pp. 1043–1171). Elsevier.
- Acemoglu, D., Johnson, S., & Robinson, J. A. (2005). Institutions as a fundamental cause of long-run growth. In P. Aghion & S. N. Durlauf (Eds.), *Handbook of economic growth* (Vol. 1A, pp. 385–472). Elsevier.
- Active Citizenship Network. (n.d.). Female labour supply and childcare in Italy.
- Afonso, A., & St. Aubyn, M. (2005). Non-parametric approaches to education and health efficiency in OECD countries. *Journal of Applied Economics*, 8(2), 227–246.
- Agenzia per la Coesione Territoriale – Nucleo CPT Umbria. (2022). Sistema Conti Pubblici Territoriali: la spesa per istruzione. Perugia: Regione Umbria.
- Agenzia per la Coesione Territoriale. (2021). Analisi settoriali supportate dai dati CPT: Istruzione.
- Agenzia per la Coesione Territoriale. (2023). CPT – Settori: Interventi in campo sociale.
- Aigner, D. J., Lovell, C. A. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21–37.
- Argyriou, A., Evgeniou, T., & Pontil, M. (2008). Convex multi-task feature learning. *Machine Learning*, 73(3), 243–272.
- Badunenko, O., & Tauchmann, H. (2019). Simar and Wilson two-stage efficiency analysis for Stata. *The Stata Journal*, 19(4), 950–988.
- Baker, M., Gruber, J., & Milligan, K. (2008). Universal childcare, maternal labor supply and children's outcomes: Evidence from Canada. *Journal of Political Economy*, 116(4), 709–745.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078–1092.

Barca, F., Cappiello, F., Ravoni, L., & Volpe, M. (a cura di). (2006). Federalismo, equità, sviluppo. I risultati delle politiche pubbliche analizzati e misurati dai conti pubblici territoriali. Bologna: Il Mulino. (ISBN 8815114858).

Barca, F., Cappiello, F., Ravoni, L., & Volpe, M. (Eds.). (2006). Federalismo, equità, sviluppo: I risultati delle politiche pubbliche analizzati e misurati dai Conti Pubblici Territoriali. Il Mulino.

Barnett, W. S. (2008). Preschool education and its lasting effects: Research and policy implications. National Education Policy Center, University of Colorado.

Becker, G. S. (1964). Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education. University of Chicago Press.

Belotti (2012). Consistent Estimation of the 'True' Fixed-Effects Stochastic Frontier Model

Bogetoft, P., & Otto, L. (2010). Benchmarking with DEA, SFA, and R. Springer Science+Business Media.

Carta, F., & Rizzica, L. (2018). Early kindergarten, maternal labor supply and children's outcomes: Evidence from Italy. *Journal of Public Economics*, 158, 79–102.

Carvalho, C. M., Polson, N. G., & Scott, J. G. (2010). The horseshoe estimator for sparse signals. *Biometrika*, 97(2), 465–480.

Cascio, E. (2017). Does universal preschool hit the target? Program access and preschool impacts. *The Future of Children*, 27(2), 127–146.

Cascio, E. U. (2009). Maternal labor supply and the introduction of kindergartens into American public schools. *Journal of Human Resources*, 44(1), 140–170.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444.

Chetty, R., Hendren, N., Kline, P., & Saez, E. (2014). Where is the land of opportunity? The geography of intergenerational mobility in the U.S. *Quarterly Journal of Economics*, 129(4), 1553–1623.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

Chetty, R., Hendren, N., Kline, P., & Saez, E. (2014). Where is the land of opportunity? The geography of intergenerational mobility in the U.S. *Quarterly Journal of Economics*, 129(4), 1553–1623.

Chiariello, V., Rotondo, F., & Scalera, D. (2022). Efficiency in education: Primary and secondary schools in Italian regions. *Regional Studies*, 56(10), 1729–1743.

CNEL, & ISTAT. (2024). Il lavoro delle donne tra ostacoli e opportunità: Behind the Numbers.

Comitato Tecnico Scientifico per i LEP. (2023). Rapporto Finale per l'individuazione dei livelli essenziali delle prestazioni, 30 ottobre 2023. Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dip. Affari Regionali.

Commissione Tecnica per i Fabbisogni Standard. (2023). Obiettivi di servizio asili nido e modalità di monitoraggio per la definizione del livello dei servizi offerto per il 2024 [Nota metodologica].

Conferenza delle Regioni e Province Autonome. (2022). Proposte strategiche delle Regioni per i prossimi provvedimenti legislativi e sulla legge di bilancio 2023–2025 (Doc. Conferenza Regioni, 24/10/2022).

Consiglio Nazionale dell'Economia e del Lavoro (CNEL), & Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT). (2024). Il lavoro delle donne tra ostacoli e opportunità: Behind the Numbers.

Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software* (2nd ed.). Springer.

Cunha, F., & Heckman, J. J. (2007). The technology of skill formation. *American Economic Review*, 97(2), 31–47. <https://doi.org/10.1257/aer.97.2.31>

D.Lgs. 6 maggio 2011, n. 68. Disposizioni in materia di autonomia di entrata delle Regioni a statuto ordinario e Province, nonché di determinazione dei costi e fabbisogni standard nel settore sanitario. (GU n.109 del 12-5-2011 – Suppl. Ordinario n. 123).

Daniela Del Boca. (2001, June). The effect of child care and part time opportunities on participation and fertility decisions in Italy [Working paper]. University of Turin.

Daraio, C., & Simar, L. (2007). *Advanced robust and nonparametric methods in efficiency analysis: Methodology and applications*. Springer.

Daron Acemoglu, Simon Johnson, & James A. Robinson. (2005). Institutions as a fundamental cause of long-run growth. In Philippe Aghion & Steven N. Durlauf (Eds.), *Handbook of economic growth* (Vol. 1A, pp. 385–472). Elsevier.

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

De Witte, K., & López-Torres, L. (2017). Efficiency in education: A review of literature and a way forward. *Journal of the Operational Research Society*, 68(4), 339–363.

Del Boca, D. (2001, June). The effect of child care and part time opportunities on participation and fertility decisions in Italy [Working paper]. University of Turin.

Del Boca, D., & Pasqua, S. (2010). Esiti di partecipazione femminile e disponibilità di servizi all'infanzia. Torino: Fondazione Rodolfo De Benedetti.

Del Boca, D., & Vuri, D. (2007). The mismatch between employment and childcare in Italy: The impact of rationing. *Journal of Population Economics*, 20(4), 805–832.

Driscoll, J. C., & Kraay, A. C. (1998). Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data. *Review of Economics and Statistics*, 80(4), 549–560.

Esping-Andersen, G. (1990). *The Three Worlds of Welfare Capitalism*. Princeton University Press.

European Commission, Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture. (2025). *Education and Training Monitor 2025: Italy*. Publications Office of the European Union.

European Commission. (2018). *Barcelona objectives: Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the development of childcare facilities for young children with a view to increase female labour participation, strike a work-life balance for working parents and bring about sustainable and inclusive growth in Europe (the “Barcelona objectives”)* [Report].

European Institute for Gender Equality. (2017). *Economic benefits of gender equality in the EU*.

Eurostat. (2013). *Manual on regional accounts methods: 2013 edition*. European Commission.

Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253–281.

Felfe, C., & Lalive, R. (2018). Does early child care affect children's development? Evidence from a large-scale expansion of pre-school education. *Journal of Public Economics*, 159, 33–53.

Filip, M.-D., & Setzer, R. (2025). *The impact of regional institutional quality on economic growth and resilience in the EU (Working Paper Series No. 3045)*. European Central Bank.

Flavio Cunha & James J. Heckman. (2007). The technology of skill formation. *American Economic Review*, 97(2), 31–47.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

- Gaillac, C., & L'Hour, J. (2025). *Machine learning for econometrics*. Oxford University Press.
- Gazzei, D. S., Lemmi, A., & Viviani, A. (1997). *Misure statistiche di performance produttiva. Un percorso di metodi e di evidenze empiriche*. Padova: CLEUP.
- Gerdtham, U. G., Löthgren, M., Tambour, M., & Rehnberg, C. (1999). Internal market reforms and inpatient efficiency: A stochastic frontier analysis of Swedish hospitals. *Social Science & Medicine*, 49(1), 67–75.
- Greene, W. H. (2005). Reconsidering heterogeneity in panel data estimators of the stochastic frontier model. *Journal of Econometrics*, 126(2), 269–303.
- Greene, W. H. (2007). Fixed and Random Effects in Stochastic Frontier Models. *Journal of productivity analysis. Leonard N. Stern School of Business Paper No. ISSN (2007): 1547-3651*.
- Hanushek, E. A. (1986). The economics of schooling: Production and efficiency in public schools. *Journal of Economic Literature*, 24(3), 1141–1177.
- Hanushek, E. A. (2003). The failure of input-based schooling policies. *Economic Journal*, 113(485), F64–F98.
- Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2008). The role of cognitive skills in economic development. *Journal of Economic Literature*, 46(3), 607–668.
- Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2012). Do better schools lead to more growth? Cognitive skills, economic outcomes, and causation. *Journal of Economic Growth*, 17(4), 267–321.
- Havnes, T., & Mogstad, M. (2011a). No child left behind: Subsidized child care and children's long-run outcomes. *American Economic Journal: Economic Policy*, 3(2), 97–129.
- Havnes, T., & Mogstad, M. (2011b). Money for nothing? Universal child care and maternal employment. *Journal of Public Economics*, 95(11–12), 1455–1465.
- Heckman, J. J. (2000). Policies to foster human capital. *Research in Economics*, 54(1), 3–56.
- Heckman, J. J. (2006). Skill formation and the economics of investing in disadvantaged children. *Science*, 312(5782), 1900–1902.
- Heckman, J. J. (2010). The Perry Preschool Project [Policy brief]. Heckman Equation.
- Heckman, J. J. (2013). Understanding the mechanisms through which an influential early childhood program boosted adult outcomes (Discussion Paper). Heckman Equation.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

Henningsen, A., Bělin, M., & Kumbhakar, S. C. (2017). The stochastic ray production frontier model. *Economics Letters*, 156, 30–33.

INVALSI. (2022). Rapporto nazionale prove INVALSI 2022. Roma: INVALSI.

INVALSI. (2025, July 9). Rapporto nazionale 2025: Le prove INVALSI. INVALSI.

Ishwaran, H., & Rao, J. S. (2005). Spike and slab variable selection: frequentist and Bayesian strategies. *The Annals of Statistics*, 33(2), 730-773.

ISTAT. (2021). Indicatori sull'offerta di servizi per la prima infanzia in Italia. Roma: ISTAT.

ISTAT. (2023, 26 giugno). Noi Italia: 100 statistiche per capire il Paese in cui viviamo (Edizione 2023). Roma: ISTAT.

John C. Driscoll & Aart C. Kraay. (1998). Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data. *Review of Economics and Statistics*, 80(4), 549–560.

Johnes, J. (2006). Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education. *Economics of Education Review*, 25(3), 273–288.

Kneip, A., Simar, L., & Wilson, P. W. (2008). Asymptotics and consistent bootstraps for DEA estimators in nonparametric frontier models. *Econometric Theory*, 24, 1663–1697.

Locicero, A. (2024, October 2). School performance gaps in Italian regions: Estimating the impact of socio-economic factors (DiSSE Working Paper No. 13/2024). Sapienza Università di Roma.

Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3–42.

Mazziotta, M., & Pareto, A. (2024). *Statistica per gli indici compositi*. Torino: Giappichelli Editore.

McKinsey Global Institute. (2018). *Skill shift: Automation and the future of the workforce*. McKinsey & Company.

Meeusen, W., & van den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International Economic Review*, 18(2), 435–444.

Mincer, J. (1974). *Schooling, Experience, and Earnings*. NBER Press.

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

Ministero dell'Interno. (2022, July 19). Ripartizione tra i comuni del contributo di 120 milioni di euro, per l'anno 2022, per l'incremento dei posti nei servizi educativi per l'infanzia ai fini del raggiungimento dei LEP (Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale, n. 176, 29 luglio 2022).

Ministero dell'Istruzione e del Merito. (n.d.). Sistema integrato di educazione e di istruzione dalla nascita ai sei anni (0–6).

Mullainathan, S., & Spiess, J. (2017). Machine learning: an applied econometric perspective. *Journal of Economic Perspectives*, 31(2), 87–106.

Nifo, A., Scalera, D., & Vecchione, G. (2017). The rule of law and educational choices: Evidence from Italian regions. *Regional Studies*, 51(7), 1048–1062.

Nollenberger, N., & Rodríguez-Planas, N. (2015). Full-time universal childcare in a context of low maternal employment: Quasi-experimental evidence from Spain and Italy. *Labour Economics*, 36, 124–136.

OECD. (2015). Starting Strong IV: Monitoring Quality in Early Childhood Education and Care. Paris: OECD Publishing.

OECD. (2018). Education at a Glance 2018. Paris: OECD Publishing.

OECD. (2018). How does access to early childhood education services affect the participation of women in the labour market? (Education Indicators in Focus, No. 59). OECD Publishing.

OECD. (2019). Education at a Glance 2019: OECD Indicators. OECD Publishing.

OECD. (2020). OECD employment outlook 2020. OECD Publishing.

Paggetti, E. (n.d.). Behind the numbers: The hidden inequalities of women's work in Italy. Donne 4.0.

Piketty, T. (2014). Capital in the twenty-first century. Harvard University Press.

Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento per le Politiche di Coesione e per il Sud. (n.d.). Guida ai Conti Pubblici Territoriali (CPT): Struttura, metodologia e classificazioni settoriali.

Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento per le Politiche di Coesione e per il Sud. (n.d.). Approfondimenti alla Guida ai Conti Pubblici Territoriali (CPT): Capitoli I–VII.

Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento per le Politiche di Coesione e per il Sud. (n.d.). Conti Pubblici Territoriali (CPT): Metodologia e documentazione (sezione web).

L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT*

Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento per le Politiche di Coesione e per il Sud. (n.d.). Guida ai Conti Pubblici Territoriali (CPT): Struttura, metodologia e classificazioni settoriali.

Presidenza del Consiglio dei Ministri. (2024, February 22). Adozione della metodologia relativa ai fabbisogni standard dei comuni per il 2023 ed aggiornamento dei relativi coefficienti di riparto (Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri).

Puccioni, C., & Vuri, D. (2025, January). With a little help from nurseries: Childcare services and mothers' employment in Italy (CESifo Working Paper No. 11656). CESifo.

Reljic, J., & Zezza, F. (2025). Breaking the divide: Can public spending on social infrastructure boost female employment in Italy? *Economic Modelling*, 143, 106974.

Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037.

Schlosser, A. (2011). Public preschool and maternal labor supply: Evidence from the introduction of kindergartens in Israel. *Journal of Human Resources*, 46(2), 411–436.

Schultz, T. W. (1961). Investment in human capital. *American Economic Review*, 51(1), 1–17.

Simar, L., & Wilson, P. W. (1998). Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in non-parametric frontier models. *Management Science*, 44(1), 49–61.

Simar, L., & Wilson, P. W. (2000a). Statistical inference in nonparametric frontier models: The state of the art. *Journal of Productivity Analysis*, 13, 49–78.

Simar, L., & Wilson, P. W. (2000b). A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models. *Journal of Applied Statistics*, 27(6), 779–802.

Simar, L., & Wilson, P. W. (2007). Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of Econometrics*, 136(1), 31–64.

Tibshirani, R. (1996). Regression shrinkage and selection via the Lasso. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, 58(1), 267–288.

Ufficio Parlamentare di Bilancio (UPB). (2023). Audizione sulla determinazione e sull'attuazione dei LEP concernenti i diritti civili e sociali (Commissione parlamentare per le questioni regionali, 1° febbraio 2023). Roma: UPB.

**L'impatto della spesa in istruzione e servizi educativi sulla formazione
e l'accumulazione di capitale umano. *Un'analisi economica interregionale con dati CPT***

UNESCO. (2024, September 30). Investing in early childhood care and education yields lifelong benefits. UNESCO.

UNICEF. (2019). A World Ready to Learn: Prioritizing Quality Early Childhood Education. New York: UNICEF.

Varian, H. R. (2014). Big Data: New Tricks for Econometrics. *Journal of Economic Perspectives*, 28(2), 3–28.

Wang (2010), Estimating fixed-effect panel stochastic frontier models. *Journal of Econometrics*, 157(2), 286-296.

World Economic Forum. (2020). The Future of Jobs Report 2020. Geneva: World Economic Forum.