

**UNIVERSITÀ DELLA VALLE D'AOSTA  
UNIVERSITÉ DE LA VALLEÉE D'AOSTE**

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE E  
POLITICHE**

**CORSO DI LAUREA IN SCIENZE DELL'ECONOMIA  
E DELLA GESTIONE AZIENDALE**

**ANNO ACCADEMICO 2023-2024**

**TESI DI LAUREA**

**LIVELLO E DIREZIONE DEL CAMBIAMENTO  
TECNOLOGICO IN 127 PAESI: UN'ANALISI  
COMPARATIVA DAL 1991 AL 2019**

**DOCENTE relatore: Prof. CHRISTOPHE FEDER**

**STUDENTESSA: Matricola N. 20 C05 752 Sara Lidia  
Castellano**

# LIVELLO E DIREZIONE DEL CAMBIAMENTO TECNOLOGICO IN 127 PAESI: UN'ANALISI COMPARATIVA DAL 1991 AL 2019

## Sommario

<i>LIVELLO E DIREZIONE DEL CAMBIAMENTO TECNOLOGICO IN 127 PAESI: UN'ANALISI COMPARATIVA DAL 1991 AL 2019</i> .....	2
<i>Introduzione</i> .....	4
<i>CAPITOLO 1: L'innovazione</i> .....	8
1.1 Il ruolo dell'innovazione nella crescita economica .....	9
1.2 Distinzione tra cambiamento tecnologico e innovazione .....	10
1.3 I presupposti dell'innovazione .....	13
1.4 Le cause dell'innovazione .....	15
1.5 Le caratteristiche dell'innovazione .....	16
1.6 Le tipologie di innovazioni .....	18
1.7 La valutazione delle innovazioni .....	19
1.8 L'innovazione e la crescita economica .....	20
<i>CAPITOLO 2: La Produttività Totale dei Fattori e il Cambiamento Tecnologico Distorto</i> .....	22
2.1 I primi studi sulla TFP .....	23
2.2 Gli studi sulla TFP e la crescita economica .....	24
2.3 Gli studi sulla relazione tra la TFP e l'innovazione .....	26
2.4 Congruenza tecnologica e tecnologia appropriata .....	32
2.5 I primi studi sul concetto di BTC .....	34
2.6 Gli studi sulla relazione tra il BTC e l'innovazione .....	36
<i>CAPITOLO 3: Il processo di crescita nei paesi sviluppati e in via di sviluppo</i> ..	38
3.1 Le differenze tra paesi sviluppati e paesi in via di sviluppo .....	39
3.2 Il "catch-up" .....	39
3.3 I presupposti del "catch-up" .....	41
3.4 Il ruolo della TFP nel "catch-up" .....	43
3.5 La misurazione del livello e della direzione dell'innovazione .....	44
<i>CAPITOLO 4: L'analisi empirica</i> .....	50

4.1 Il database .....	51
4.2 Le statistiche descrittive.....	51
4.3 Le differenze regionali della TFP.....	56
4.4 Le differenze regionali del BTC .....	65
4.5 L'evoluzione temporale della TFP e del BTC .....	75
4.6 La correlazione tra la TFP e il BTC.....	78
<b><i>CAPITOLO 5: Conclusioni</i></b> .....	<b>81</b>
<b><i>Bibliografia</i></b> .....	<b>86</b>
<b><i>Appendice n.1: Elenco dettagliato dei paesi studiati e i loro continenti</i></b> .....	<b>89</b>

## Introduzione

La crescita economica di un paese è il risultato di molteplici fattori, tra cui l'accumulazione di capitale e lavoro, l'innovazione tecnologica e l'efficienza produttiva. L'innovazione tecnologica rappresenta uno dei principali motori della crescita economica, influenzando profondamente il modo in cui le società producono, distribuiscono e consumano beni e servizi. Fin dalla Rivoluzione Industriale, il progresso tecnologico ha accelerato il processo di sviluppo economico, consentendo una maggiore efficienza, riducendo i costi e aprendo nuove opportunità di mercato. Tuttavia, l'impatto dell'innovazione non è un fenomeno lineare né uniforme: diverse economie e settori produttivi possono reagire in modi differenti a seconda del livello di sviluppo, delle infrastrutture esistenti e delle politiche adottate.

In un contesto globalizzato, la capacità di un paese di generare e adottare innovazioni tecnologiche è diventata un fattore cruciale per mantenere la competitività sul mercato internazionale. Le nuove tecnologie non solo trasformano i metodi di produzione e organizzazione, ma alterano anche la struttura del lavoro, influenzando i tassi di occupazione, la distribuzione del reddito e le competenze richieste. In tale scenario, l'innovazione si configura non solo come un volano di crescita economica, ma anche come una forza che ridefinisce gli equilibri sociali ed economici a livello locale e globale.

Tra gli strumenti utilizzati per analizzare il contributo di questi fattori allo sviluppo economico, la Produttività Totale dei Fattori, in inglese Total Factor Productivity (*TFP*), riveste un ruolo centrale. La *TFP* misura l'efficienza con cui un'economia utilizza i suoi input per generare output, e rappresenta un indicatore cruciale della capacità di un paese di migliorare le proprie performance economiche attraverso l'innovazione tecnologica, il progresso organizzativo e la crescita della conoscenza.

La produttività è uno dei concetti chiave per comprendere le dinamiche di crescita economica di un paese o di una regione. Tra le diverse misure di produttività, la *TFP* rappresenta un indicatore fondamentale per valutare quanto efficacemente un'economia utilizza tutti i suoi input per generare output. A differenza delle misure tradizionali di produttività che considerano solo un singolo fattore, come il lavoro

o il capitale, la *TFP* cattura il contributo complessivo della tecnologia, dell'efficienza organizzativa, dell'innovazione e di altri elementi intangibili alla crescita economica.

La *TFP* è spesso interpretata come una misura del progresso tecnico o dell'efficienza con cui i fattori di produzione vengono combinati. Un aumento della *TFP* implica che un'economia è in grado di produrre più beni e servizi senza aumentare proporzionalmente l'uso di capitale o lavoro, suggerendo un miglioramento nelle tecniche produttive o un'adozione più efficiente delle risorse disponibili. Tuttavia, la *TFP* è un concetto complesso, influenzato non solo dalle innovazioni tecnologiche, ma anche da variabili istituzionali, strutturali e macroeconomiche, come la qualità della governance, le infrastrutture, le politiche economiche e il grado di apertura commerciale.

Questa tesi si propone di analizzare il ruolo della *TFP* nella crescita economica, esaminando i suoi determinanti e gli effetti sulle economie avanzate ed emergenti.

Allo stesso tempo, il concetto di Direzione del Cambiamento Tecnologico, in inglese Biased Technological Change (*BTC*), ha acquisito crescente rilevanza negli studi economici, poiché il progresso tecnologico non è neutrale: spesso favorisce specifici fattori di produzione, come il lavoro qualificato o il capitale, distorcendo la distribuzione dei benefici economici. Comprendere come il cambiamento tecnologico influisce in modo differente sui vari settori produttivi e gruppi di lavoratori è fondamentale per valutare le dinamiche di sviluppo economico a livello globale e per spiegare la crescente disuguaglianza osservata in molti paesi.

Il progresso tecnologico ha da sempre rappresentato una delle forze trainanti della crescita economica e del miglioramento delle condizioni di vita. Tuttavia, non tutte le innovazioni tecnologiche hanno un impatto uniforme su settori economici, lavoratori e risorse produttive. Il concetto di *BTC* si riferisce a un particolare tipo di innovazione che favorisce alcuni fattori di produzione rispetto ad altri, alterando in modo significativo la distribuzione dei benefici economici tra lavoratori e capitale, e tra diverse categorie di competenze.

Questa tesi si propone di esplorare gli effetti dell'innovazione tecnologica sulla crescita economica, analizzando i livelli di progresso tecnologico raggiunti nei diversi paesi attraverso la *TFP* e analizzando la direzione di tale progresso tramite il *BTC*. Verranno inoltre esaminati i rischi e le sfide che l'innovazione porta con sé, come la disuguaglianza economica e il divario tecnologico tra paesi avanzati ed emergenti.

L'obiettivo principale di questa tesi è calcolare e confrontare la *TFP* e il *BTC* di diversi paesi del mondo, al fine di comprendere come la produttività e l'innovazione tecnologica variano tra le diverse economie. Utilizzando modelli econometrici e dati empirici, si cercherà di misurare l'evoluzione della *TFP* e il grado di distorsione tecnologica in relazione al capitale e al lavoro. Questo approccio permetterà di evidenziare le differenze tra paesi avanzati ed emergenti, analizzando come le politiche economiche, le infrastrutture e il livello di sviluppo influenzino la capacità di ciascun paese di trarre vantaggio dalle innovazioni tecnologiche.

L'obiettivo finale è determinare se esiste una relazione tra la *TFP* e il *BTC*, e in che modo queste due variabili interagiscono nell'influenzare la crescita economica e la distribuzione dei fattori produttivi nei diversi paesi.

Questa tesi si sviluppa attraverso diverse fasi. Inizialmente, verranno definiti i concetti chiave di innovazione, *TFP* e *BTC*. Successivamente, si analizzerà il processo di recupero economico nei paesi in via di sviluppo. In seguito, saranno esposte le metodologie utilizzate per il calcolo della *TFP* e del *BTC*. A seguire, verrà condotta un'analisi comparativa tra diversi paesi, mettendo in luce le differenze regionali e le tendenze principali nel periodo compreso tra il 1991 e il 2019. Infine, si esaminerà la correlazione tra *TFP* e *BTC*, con l'obiettivo di identificare le aree del mondo che possono essere classificate come inventori, innovatori, imitatori o adattatori.

Si evidenzierà che il Nord America emerge come una regione con una forte presenza di inventori rispetto alla media mondiale, mentre l'Oceania risulterà particolarmente ricca di innovatori. L'Europa si collocherà in una posizione intermedia, dimostrando una concentrazione di innovatori leggermente superiore alla media mondiale. Al contrario, il Sud America si distinguerà come il continente

con la minore concentrazione di adattatori, inferiore persino ad Africa e Asia in questo ambito.

## **CAPITOLO 1: L'innovazione**



## **1.1 Il ruolo dell'innovazione nella crescita economica**

Con l'inizio del XX secolo e l'emergere dell'economia basata sulla conoscenza, sono emersi nuovi concetti e cambiamenti fondamentali. La forza di qualsiasi economia dipende sempre più dal suo progresso tecnologico, con le nuove tecnologie che svolgono un ruolo importante nello sviluppo delle società e nel raggiungimento della prosperità.

Mohamed et al. (2022) approfondiscono i fattori che influenzano la crescita economica, che sono: capitale fisico, risorse umane e naturali, fattori sociali e politica, sviluppo tecnologico, innovazione.

Prima di tutto, il capitale fisico comprende le risorse tangibili utilizzate nella produzione, come macchinari, attrezzature, infrastrutture e tecnologie. Un sistema ricco di capitale fisico offre una maggiore disponibilità di strumenti ausiliari, che possono migliorare l'efficienza, la produttività e la qualità dei processi produttivi. Questo non solo favorisce una maggiore capacità produttiva e innovativa, ma conferisce anche un vantaggio competitivo significativo.

Poi, sia la qualità e la quantità delle risorse umane che la disponibilità di risorse naturali giocano ruoli cruciali nell'innovazione. Le risorse umane influenzano la capacità di sviluppare e implementare nuove tecnologie attraverso la formazione, le competenze e la creatività, mentre le risorse naturali forniscono i materiali e l'energia necessari per l'innovazione tecnologica e industriale. Entrambi i fattori sono interconnessi e contribuiscono a plasmare le opportunità e le direzioni dell'innovazione.

Inoltre, i fattori sociali e politici, come tradizioni, costumi e politiche governative, hanno un impatto profondo e multidimensionale sullo sviluppo economico. Questi elementi influenzano non solo la struttura e la direzione dello sviluppo economico, ma anche la sua sostenibilità e inclusività. Questi fattori possono determinare le condizioni di mercato, influenzare le opportunità di investimento e modellare il contesto in cui avviene l'innovazione. Una comprensione approfondita di come questi elementi interagiscono è essenziale per sviluppare strategie efficaci per promuovere la crescita economica e migliorare il benessere sociale.

Anche lo sviluppo tecnologico è essenziale per l'applicazione di tecniche produttive avanzate e metodi scientifici, che a loro volta migliorano l'efficienza, stimolano l'innovazione e contribuiscono alla sostenibilità. Le tecnologie avanzate abilitano una produzione più precisa e automatizzata, e le tecniche scientifiche avanzate consentono una ricerca più approfondita e innovativa. Questi progressi hanno un impatto diretto sulla competitività economica e sulla capacità di affrontare le sfide globali, migliorando la qualità della vita e promuovendo uno sviluppo economico sostenibile.

Infine, l'innovazione è una forza trainante fondamentale per l'evoluzione economica e industriale. L'innovazione è un motore fondamentale per la creazione di nuovi prodotti e processi, il miglioramento di quelli esistenti e lo sviluppo di nuovi mercati e forme organizzative. Essa non solo guida il progresso tecnologico, ma anche modifica i paradigmi economici e industriali, portando a un aumento della competitività, della produttività e della crescita economica. Il continuo sviluppo e l'adozione di tecnologie innovative sono essenziali per affrontare le sfide future e per promuovere un progresso sostenibile e inclusivo.

In conclusione, per raggiungere una crescita economica sostenibile e migliorare le condizioni di vita, è fondamentale promuovere l'innovazione, investire nelle risorse umane e tecnologiche, e sviluppare politiche che supportino un ambiente economico stabile e produttivo.

## **1.2 Distinzione tra cambiamento tecnologico e innovazione**

La distinzione tra cambiamento tecnologico e innovazione è fondamentale per comprendere il loro impatto sulla crescita economica.

Il cambiamento tecnologico si riferisce a qualsiasi alterazione o miglioramento nelle tecnologie esistenti. Questo può includere l'introduzione di nuove tecnologie, miglioramenti incrementali di tecnologie esistenti o l'applicazione di tecnologie esistenti in nuovi contesti. Il cambiamento tecnologico è spesso visto come un motore di crescita economica perché può aumentare la produttività, ridurre i costi di produzione e aprire nuovi mercati. Alcuni esempi di cambiamento tecnologico

sono: automazione industriale, avanzamenti nell'informatica, tecnologie di comunicazione.

L'innovazione, invece, è un concetto più ampio che include non solo il cambiamento tecnologico, ma anche nuovi processi, modelli di business e modi di operare. L'innovazione è vista come una nuova combinazione di idee, capacità e risorse esistenti. La varietà e l'interazione con fonti esterne aumentano le possibilità di innovazione, soprattutto per le piccole imprese che devono compensare la limitatezza delle risorse interne.

Schumpeter (1911) ha introdotto una distinzione fondamentale tra invenzione, innovazione e diffusione, ampiamente adottata nella teoria economica e sociale del XX secolo.

L'invenzione è il primo stadio del cambiamento tecnologico, rappresentato da idee e progetti per nuovi prodotti o processi, spesso protetti da brevetto. Tuttavia, le invenzioni possono restare inutilizzate finché non vengono trasformate in innovazioni.

L'innovazione è l'introduzione di un nuovo prodotto, processo o sistema nel mercato. Richiede un'azione imprenditoriale che trasforma l'invenzione in un'applicazione commerciale concreta, attraversando fasi di sperimentazione e superando ostacoli economici e sociali. L'innovazione include anche cambiamenti organizzativi, gestionali, e altre aree oltre alla mera tecnologia.

Dopo il successo iniziale, l'innovazione si diffonde e viene adottata da altre imprese e utenti, spesso attraverso imitazioni e miglioramenti successivi. Tuttavia, la diffusione non è solo un processo di imitazione ma anche un periodo di ulteriori innovazioni che perfezionano il prodotto originale.

Da questa classificazione, si possono distinguere le seguenti figure: l'inventore, l'innovatore, l'adattatore e l'imitatore; i quali hanno ruoli distinti ma interconnessi. Comprendere le differenze tra queste figure aiuta a chiarire come ciascuna contribuisce allo sviluppo economico e al progresso tecnologico.

L'inventore è colui che crea nuove tecnologie, prodotti o processi attraverso l'ideazione originale e la ricerca. Spesso, l'invenzione rappresenta un passo avanti

significativo rispetto allo stato attuale della tecnica. L'inventore mantiene il focus sulla novità e sull'originalità, che richiede una forte componente tecnica e creativa. Le invenzioni possono portare a nuove industrie e settori economici, creando opportunità di mercato e stimolando l'occupazione.

L'innovatore, invece, è colui che prende invenzioni proprie o altrui e le trasforma in prodotti o servizi commercializzabili. L'innovazione può riguardare anche processi, modelli di business o metodi organizzativi. A differenza dell'inventore, il suo focus è sull'applicazione pratica, sulla commercializzazione e sul miglioramento continuo. Gli innovatori rendono le invenzioni accessibili al mercato, guidando la crescita economica attraverso l'espansione dei mercati, l'aumento della produttività e la creazione di valore.

L'adattatore è colui che prende una tecnologia, un prodotto o un processo esistente e lo modifica per adattarsi a nuove condizioni, esigenze o mercati. L'adattatore ha capacità di personalizzazione, attenzione alle esigenze del mercato locale e focus sull'ottimizzazione. Gli adattatori possono migliorare l'efficienza e l'efficacia delle tecnologie esistenti, rendendole più utili in diversi contesti e facilitando la diffusione di nuove pratiche.

L'imitatore, infine, è colui che riproduce tecnologie, prodotti o processi esistenti senza significative modifiche o miglioramenti. L'imitazione può essere legale o illegale, come nella pirateria o nella contraffazione. L'imitatore gode di alcuni vantaggi: rapida adozione di tecnologie esistenti, minor costo di sviluppo, minor rischio rispetto all'invenzione o all'innovazione. Gli imitatori possono abbassare i costi di produzione, accelerare la diffusione delle tecnologie e aumentare la concorrenza, ma possono anche ridurre gli incentivi per l'innovazione originale.

Gli inventori e gli innovatori sono fondamentali per l'introduzione di novità radicali e per la commercializzazione delle stesse. Gli inventori forniscono le basi tecniche e scientifiche, mentre gli innovatori traducono queste invenzioni in valore economico.

Gli adattatori e gli imitatori facilitano la diffusione delle innovazioni, rendendole accessibili a un pubblico più ampio e adattandole a vari contesti. Gli adattatori

contribuiscono attraverso la personalizzazione e l'ottimizzazione, mentre gli imitatori aumentano la concorrenza e rendono le tecnologie più economiche e accessibili.

La distinzione di Schumpeter ha messo in luce che invenzione, innovazione e diffusione non sono processi lineari e separati, ma interconnessi con numerosi feedback. La valutazione e la classificazione delle innovazioni sono cruciali, anche se l'importanza economica di una singola innovazione può essere riconosciuta solo a posteriori.

A seguire, verranno spiegate i presupposti dell'innovazione, le cause, le caratteristiche, le tipologie e la sua valutazione.

### **1.3 I presupposti dell'innovazione**

Schumpeter (1911), è stato uno dei primi a criticare questa visione, identificando tre aspetti fondamentali dell'innovazione. Il primo è che tutti i progetti innovativi comportano un alto grado di incertezza. Questa incertezza può riguardare diversi aspetti, come i costi, i tempi, la fattibilità tecnica e l'accettazione da parte del mercato. Il secondo riguarda l'importanza nel muoversi velocemente prima che lo faccia qualcun altro, il che implica che le tradizionali regole economiche di analisi e scelta ottimale non sono applicabili. Il terzo, la società tende ad opporsi al nuovo, rendendo difficile l'affermazione delle innovazioni.

Nel suo studio, Schumpeter (1911) affermava che l'innovazione risultava dalla continua lotta tra imprenditori innovativi e l'inerzia sociale, quest'ultima è un ottimo esempio del fenomeno chiamato "path dependency". La "path dependency" è un concetto fondamentale nelle scienze sociali, economiche e politiche, che descrive come le decisioni e gli sviluppi passati possono influenzare e limitare le scelte future, anche se le circostanze che hanno portato a quelle scelte originarie non sono più rilevanti. Questo concetto è particolarmente importante per comprendere l'evoluzione di istituzioni, tecnologie, sistemi economici e processi politici. La "path dependency" enfatizza l'importanza delle prime fasi di un processo decisionale o di un evento storico. Una volta che un particolare percorso

è stato intrapreso, può diventare difficile deviare da esso, anche se esistono alternative teoricamente migliori. Questo è spesso dovuto all'investimento iniziale di risorse, tempo e capitale umano. Dopo aver intrapreso un determinato percorso, le scelte successive possono essere vincolate dalle decisioni iniziali, creando una sorta di "lock-in". Ciò significa che i sistemi o le istituzioni tendono a rimanere incanalati lungo il percorso scelto, anche in presenza di alternative più efficienti o desiderabili. La "path dependency" può anche spiegare perché alcuni cambiamenti avvengono in modo lento o perché le istituzioni resistono al cambiamento, anche quando esiste un ampio consenso sulla necessità di modificare il sistema esistente.

Le ricerche successive hanno confermato il ruolo centrale dell'incertezza nelle innovazioni potenzialmente remunerative, che richiedono una leadership pluralistica aperta a diverse idee e soluzioni. Le imprese devono evitare di rimanere intrappolate in percorsi già scelti, la cosiddetta "path dependency", e mantenere flessibilità durante la fase iniziale dei progetti.

Le imprese per poter innovare devono essere caratterizzate da capacità di assorbimento, devono essere in grado di assimilare conoscenze esterne, ma la routine interna potrebbe ostacolare questo processo. Inoltre, è importante lasciare spazio per sperimentare nuove soluzioni e attivare tutta la conoscenza interna per affrontare le sfide che si presentano. In più, le imprese devono coltivare legami forti e deboli con partner esterni per mantenere la flessibilità e l'apertura necessarie per l'innovazione.

Le attività innovative dipendono spesso da fonti esterne, creando un sistema sociale per lo sviluppo dell'innovazione. L'innovazione varia nel tempo e nello spazio, concentrandosi in certi settori e regioni. Schumpeter (1954), in accordo con quanto descritto da Marx (1867), ha descritto la competizione tecnologica come forza motrice dello sviluppo economico, con un ciclo di innovazione che porta a un affollamento di imitatori e successivi miglioramenti. Schumpeter ha focalizzato l'attenzione sull'innovazione, centrale nella sua teoria economica. Egli considerava l'imprenditore-innovatore come una figura eccezionale e vedeva l'innovazione come un atto di volontà piuttosto che di intelletto.

Schumpeter (1954) sottolineava che le innovazioni rivoluzionano continuamente la struttura economica, definendo questo processo di “distruzione creatrice”.

## **1.4 Le cause dell'innovazione**

Il dibattito sui fattori che determinano l'innovazione nelle società industrializzate ha coinvolto economisti e storici della scienza e della tecnologia per molti anni. Due principali scuole di pensiero sono emerse.

La nascita del modello “Technology Push”, detto anche modello lineare, viene fatta risalire all'intervento dello scienziato Bush (1945). Questa visione enfatizza l'importanza della scienza e della tecnologia nel determinare l'innovazione. Secondo questo punto di vista, la ricerca scientifica e le scoperte tecnologiche sono spesso indipendenti dalla domanda immediata e possono dare origine a nuove industrie. I rappresentanti di questa scuola, come Nelson e Winter (1982), sostengono che le innovazioni radicali sono spesso il risultato di scoperte scientifiche e tecniche piuttosto che di esigenze di mercato.

Durante gli anni Sessanta, si assiste ad un'inversione di tendenza nel pensiero e anche nel percorso della struttura dei modelli: il protagonista diventa infatti il cliente o, meglio, la domanda e la richiesta proveniente dal mercato. Nel modello “Market Pull” il punto di partenza diventa quello che era la fine del processo, ossia il marketing. Si ritiene infatti che i consumatori esprimano le loro preferenze in merito ai prodotti o ai servizi attraverso le diverse modalità di domanda. I produttori, attraverso le modifiche nella variazione della struttura della domanda e dei prezzi, percepiscono queste preferenze e cercano di soddisfarle attraverso le innovazioni tecnologiche.

Dal momento che il consumatore diventa oggetto principale dell'interesse nel mercato e da parte dell'azienda, assumono un ruolo centrale le analisi sociali, ossia quelle concernenti l'andamento demografico, ma soprattutto le caratteristiche e le variazioni nelle preferenze con il mutare delle generazioni.

Schmookler (1966, 1972) è stato il primo economista ad esplorare statisticamente l'economia dell'innovazione tecnologica ad un livello industriale dettagliato. Ha

cristallizzato la nozione di cambiamento tecnologico endogeno, cioè, generato all'interno del sistema economico stesso, e la sua influenza sulla crescita economica due decenni prima che il concetto fosse reinventato dai macroeconomisti. Schmookler (1966, 1972) sosteneva che il cambiamento tecnologico non è semplicemente il risultato di scoperte scientifiche fortuite, ma è piuttosto strettamente legato alle condizioni economiche e alle necessità del mercato. In altre parole, gli incentivi economici e la domanda di nuovi prodotti o processi da parte delle imprese e dei consumatori sono i principali motori dell'innovazione tecnologica.

Secondo Schmookler (1966, 1972), gli investimenti in ricerca e sviluppo (R&S) sono orientati dalle opportunità di profitto che le imprese percepiscono in risposta alla domanda di mercato. Quando c'è una forte domanda per un particolare tipo di prodotto, le imprese sono motivate a investire in innovazione per soddisfare questa domanda, il che porta a nuovi sviluppi tecnologici. Questo processo fa sì che il cambiamento tecnologico sia endogeno al sistema economico, in quanto è stimolato e guidato dalle dinamiche economiche interne, piuttosto che da fattori esterni come il progresso scientifico autonomo.

Infine, Mowery e Rosenberg (1999) hanno sottolineato che le innovazioni non sono solo una risposta a bisogni esistenti ma anche a previsioni di esigenze future.

## **1.5 Le caratteristiche dell'innovazione**

Gli studi sopracitati hanno implicazioni significative per la politica tecnologica ed economica, evidenziando la complessità e l'interdipendenza dei fattori che guidano l'innovazione.

Prima di tutto, bisogna tenere in considerazione che l'innovazione segue regole proprie, non sempre flessibili ai cambiamenti di mercato. L'innovazione tecnologica e scientifica non è sempre direttamente guidata dalle esigenze di mercato o dalle dinamiche economiche a breve termine. In altre parole, l'innovazione può essere un processo autonomo, influenzato da fattori interni al



progresso tecnologico e scientifico, che non sempre si allinea immediatamente con le richieste o le condizioni del mercato.

Inoltre, la conoscenza scientifica è sempre più centrale nel progresso tecnologico e le organizzazioni istituzionali hanno un ruolo importante nella promozione delle innovazioni. Con l'avanzamento delle tecnologie e l'interconnessione sempre maggiore tra scienza e industria, la conoscenza scientifica ha assunto un ruolo cruciale nel guidare il progresso tecnologico, influenzando direttamente lo sviluppo di nuove tecnologie, processi e prodotti. Le organizzazioni istituzionali giocano un ruolo cruciale nella promozione e nel sostegno del progresso tecnologico e scientifico. Queste organizzazioni, che includono enti governativi, agenzie di ricerca, istituti di standardizzazione e organizzazioni internazionali, svolgono una varietà di funzioni che aiutano a facilitare l'innovazione e a massimizzare i benefici della scienza e della tecnologia per la società. Alcune di queste funzioni sono sovvenzioni, finanziamenti e programmi di ricerca.

Un'altra caratteristica è che le innovazioni spesso derivano dalla pratica e dall'esperienza. Molte innovazioni non emergono solo da teorie e scoperte scientifiche, ma anche da esperienze pratiche e dalla risoluzione di problemi concreti. Questo approccio alla scoperta e all'innovazione è noto come "learning by doing" e gioca un ruolo fondamentale nello sviluppo di nuove tecnologie, processi e prodotti.

In più, il mutamento tecnologico è cumulativo e dipende dallo stato delle tecnologie esistenti. Questo implica che l'innovazione tecnologica non avviene in modo isolato, ma si costruisce e si evolve sulla base delle tecnologie già esistenti. Il progresso tecnologico è spesso caratterizzato da innovazioni incrementali, dove le nuove tecnologie sono miglioramenti o adattamenti di tecnologie preesistenti. Questi cambiamenti piccoli e gradualmente possono accumularsi nel tempo, portando a significativi avanzamenti tecnologici.

In sintesi, la ricerca ha dimostrato che l'innovazione è fondamentale per la competitività globale e ha influenzato le politiche economiche e industriali. Negli ultimi decenni, la gestione strategica dell'innovazione è diventata cruciale, e molti paesi hanno adottato politiche orientate a mantenere la competitività tecnologica.

## 1.6 Le tipologie di innovazioni

Per valutare l'importanza economica delle nuove tecnologie, è utile adottare una tassonomia che distingue tra innovazioni incrementali, innovazioni radicali, mutamenti di sistema tecnologico, rivoluzioni tecnologiche.

Le innovazioni incrementali avvengono frequentemente e migliorano gradualmente prodotti o processi esistenti. Possono derivare da perfezionamenti suggeriti da tecnici o utenti e sono spesso il risultato di iniziative interne o programmi di ricerca e sviluppo. Sebbene non sempre producano effetti immediatamente evidenti, contribuiscono significativamente alla crescita della produttività e sono predominanti nella maggior parte delle invenzioni e dei brevetti.

D'altra parte, le innovazioni radicali, già nominate in precedenza, sono cambiamenti significativi che emergono in modo discontinuo e non derivano da miglioramenti incrementali. Queste innovazioni, come il nylon o i reattori nucleari, rappresentano cambiamenti fondamentali e spesso implicano modifiche contemporanee ai prodotti, ai processi produttivi e ai sistemi organizzativi. Le innovazioni radicali sono importanti per la creazione di nuovi mercati e per miglioramenti sostanziali, ma il loro impatto economico può essere limitato fino a quando non si verificano ulteriori sviluppi e diffusione.

Un'altra tipologia sono i mutamenti di sistema tecnologico, che comprendono cambiamenti estesi e coinvolgono uno o più settori economici. Sono spesso il risultato di una combinazione di innovazioni radicali e incrementali, insieme a modifiche organizzative.

Le rivoluzioni tecnologiche, infine, hanno effetti così ampi da influenzare significativamente l'intero andamento economico. Le rivoluzioni tecnologiche, come la diffusione della macchina a vapore o dei computer, rappresentano cambiamenti fondamentali nei modelli produttivi e distributivi, e richiedono tempi lunghi per stabilizzarsi e diffondersi. Questi mutamenti portano a una crisi strutturale di adattamento e a una riorganizzazione profonda di vari settori.

Le innovazioni possono ancora essere suddivise in vari tipi. In primo luogo, esiste l'innovazione di prodotto attraverso la quale vengono creati nuovi prodotti o

miglioramenti qualitativi dei prodotti esistenti. Poi, l'innovazione di processo apre nuovi processi industriali; mentre, l'innovazione manageriale, di marketing e tecnologica coinvolgono nuovi approcci nella gestione, nel marketing e nella tecnologia. Infine, l'innovazione può essere radicale e graduale a seconda che le innovazioni che si integrano gradualmente o radicalmente nel mercato.

### **1.7 La valutazione delle innovazioni**

Vari programmi di ricerca in Europa, America e Giappone hanno cercato di identificare i fattori che contribuiscono al successo nell'innovazione industriale. Tra questi, il progetto SAPPHO del 1974 è stato particolarmente rilevante, confrontando innovazioni di successo e innovazioni fallite per determinare i profili distintivi di ciascuna situazione.

A partire dal 1968 viene sviluppato il progetto di ricerca Scientific Activity Predictor from Patterns with Heuristic Origins (SAPPHO) grazie ad un finanziamento del Science Research Council. L'obiettivo era quello di analizzare in maniera comparativa le innovazioni tecnologiche sia di successo sia quelle infruttuose dal punto di vista commerciale al fine di comprendere secondo quali schemi procede l'innovazione scientifica e tecnologica.

I risultati principali del progetto SAPPHO indicano che le aziende di successo hanno spesso coinvolto i potenziali utilizzatori nelle fasi di progettazione e test dei prototipi, mentre i fallimenti erano legati alla mancanza di attenzione verso le esigenze degli utenti e alla presunzione che l'azienda conoscesse meglio di chiunque altro i bisogni del mercato. Inoltre, le innovazioni di successo tendevano a beneficiare di forti legami con consulenti esterni e fonti di conoscenza scientifica e tecnica, come università e laboratori pubblici. Al contrario, i fallimenti erano spesso associati alla mancanza di tali contatti. Infine, la presenza di un innovatore aziendale, che coordinava le attività interne ed esterne e gestiva il progetto fino al lancio commerciale, si è rivelata cruciale. Gli innovatori di successo tendevano ad avere più esperienza e anzianità, il che rifletteva la complessità e l'importanza della loro funzione.

Le ricerche successive al progetto SAPPHO hanno confermato questi risultati e si sono espanse per esaminare le aziende e i paesi che hanno avuto più successo nell'innovazione. Questi studi hanno mostrato che il successo non dipende solo dai singoli progetti, ma anche dalla capacità di un'azienda di gestire e sviluppare più progetti innovativi e dalla performance complessiva dei paesi nel promuovere l'innovazione.

## **1.8 L'innovazione e la crescita economica**

David (1975) esplora profondamente come le scelte tecniche e l'innovazione influenzino la produttività e la crescita economica. Il suo lavoro ha apportato un contributo fondamentale alla comprensione della *TFP*, che verrà approfondita in seguito, e del ruolo dell'innovazione tecnologica nella crescita economica.

David (1975) esplora il legame tra innovazione tecnologica e crescita economica, concentrandosi principalmente su come le scelte tecniche fatte nel XIX secolo hanno influito sullo sviluppo economico degli Stati Uniti e della Gran Bretagna. Analizza in dettaglio l'adozione di nuove tecnologie e come queste abbiano contribuito ad aumentare la produttività, un concetto strettamente correlato alla *TFP*. Una delle tesi principali di David (1975) è che le scelte tecniche adottate da un paese o da un settore industriale possono avere effetti a lungo termine sulla produttività. Ad esempio, l'adozione di macchinari più efficienti non solo aumenta la produzione a breve termine, ma crea anche un ambiente in cui ulteriori innovazioni possono prosperare. David (1975) pone l'accento sull'importanza della diffusione dell'innovazione: le tecnologie devono essere adottate e adattate su larga scala per avere un impatto significativo sulla crescita economica e sulla *TFP*.

Sebbene David (1975) non parli esplicitamente di *TFP* come si fa nella moderna contabilità della crescita, il suo lavoro getta le basi per comprendere come i cambiamenti tecnologici e le scelte tecniche influenzino la produttività. L'idea è che la *TFP* cresca non solo attraverso innovazioni radicali, ma anche grazie al miglioramento incrementale e alla diffusione di tecnologie esistenti.

Il lavoro di David (1975) è anche significativo per il suo approccio storico comparativo, esaminando come le diverse strategie di innovazione e scelte tecniche tra Stati Uniti e Gran Bretagna abbiano portato a diversi percorsi di crescita economica. Questo tipo di analisi ha contribuito a una comprensione più ricca di come la *TFP* possa variare non solo nel tempo, ma anche tra diverse economie.

Nelle pagine successive, verrà approfondito il tema della *TFP*.

## **CAPITOLO 2: La Produttività Totale dei Fattori e il Cambiamento Tecnologico Distorto**

## 2.1 I primi studi sulla TFP

Il modello di Solow (1957), noto anche come modello di Solow-Swan, è un quadro teorico fondamentale nella teoria della crescita economica. Solow (1957) pubblicò un articolo altamente influente che introdusse il concetto di *TFP* all'interno di questo modello. L'articolo assume che la produzione ( $Y$ ) in un'economia sia generata utilizzando capitale ( $K$ ) e lavoro ( $L$ ), combinati attraverso una funzione di produzione. La forma generale della funzione di produzione nel modello di Solow è:

$$Y = F(K, L, t), \quad (1)$$

dove  $t$  rappresenta il tempo, catturando l'idea che la tecnologia possa cambiare nel tempo.

Solow (1957) introdusse l'idea che una parte della crescita della produzione non può essere spiegata solo dall'aumento degli input, la parte non spiegata viene attribuita al progresso tecnologico o ai miglioramenti dell'efficienza, racchiusa nel termine *TFP*.

La *TFP* è considerata una misura dell'efficienza con cui vengono utilizzati gli input nella produzione. Se la *TFP* aumenta, significa che l'economia sta producendo più output con la stessa quantità di capitale e lavoro, il che è interpretato come progresso tecnologico. Solow utilizzò questo quadro per stimare empiricamente la crescita della *TFP* nell'economia degli Stati Uniti, dimostrando che una parte significativa della crescita economica durante la prima metà del XX secolo non poteva essere attribuita solo agli aumenti di capitale e lavoro.

L'articolo di Solow (1957) fornì un metodo per misurare empiricamente i contributi del capitale, del lavoro e della tecnologia alla crescita economica che è stato ampiamente utilizzato nella contabilità della crescita. L'enfasi sulla *TFP* mise in luce l'importanza dell'innovazione tecnologica e dei miglioramenti dell'efficienza come motori della crescita economica a lungo termine, piuttosto che la semplice accumulazione di capitale e lavoro. Il concetto di *TFP* è stato un pilastro nello sviluppo della teoria della crescita e di altre aree di ricerca economica focalizzate sulla produttività e l'innovazione.

## 2.2 Gli studi sulla TFP e la crescita economica

Antonelli (1995) ha posto la sua attenzione all'interazione tra tecnologia, innovazione e dinamiche economiche, e ha approfondito il ruolo della *TFP* in questo contesto.

Nel suo lavoro Antonelli (1995) analizza il rapporto tra innovazione e crescita economica, offrendo una visione più articolata della *TFP*. Antonelli (1995) la interpreta come il risultato di processi dinamici e complessi legati all'innovazione tecnologica e al cambiamento economico. Egli sottolinea come l'innovazione sia un processo cumulativo e interattivo, in cui le nuove tecnologie si sviluppano gradualmente, influenzate da una serie di fattori economici, sociali e istituzionali.

Antonelli (1995) esplora il ruolo della *TFP* come indicatore della capacità di un sistema economico di integrare e sfruttare l'innovazione tecnologica, considerandola il frutto di interazioni endogene tra vari agenti economici. Questa prospettiva implica che la *TFP* sia fortemente condizionata dalla struttura industriale, dalle politiche pubbliche, dalla qualità delle istituzioni e dalla disponibilità di capitale umano.

Un aspetto centrale del suo studio è il processo di diffusione tecnologica, ossia come le nuove tecnologie si propagano tra imprese e settori economici. Antonelli (1995) sostiene che la diffusione efficace delle tecnologie sia fondamentale per l'incremento della *TFP* e, di conseguenza, per sostenere la crescita economica. La sua analisi indica che le economie capaci di abbattere le barriere alla diffusione tecnologica tendono a registrare un'accelerazione più significativa della crescita della *TFP*.

Un altro aspetto chiave del lavoro di Antonelli (1995) è l'interazione tra capitale fisico, capitale umano e conoscenza nella determinazione della *TFP*. Egli sostiene che la crescita della *TFP* dipende dalla capacità delle economie di combinare efficacemente questi elementi, creando sinergie che portano a miglioramenti nell'efficienza e nella produttività. In particolare, Antonelli (1995) evidenzia come le politiche volte a incentivare l'innovazione e l'accumulazione di conoscenza possano avere un impatto significativo sulla crescita della *TFP*.



Il lavoro di Antonelli (1995) mette in luce che i governi dovrebbero promuovere un ambiente favorevole all'innovazione, investendo in istruzione, ricerca e sviluppo, e creando infrastrutture che facilitino la diffusione delle nuove tecnologie. Inoltre, Antonelli (1995) evidenzia l'importanza di adattare le politiche economiche alle specificità dei diversi contesti regionali e settoriali, riconoscendo che non esiste una soluzione unica per stimolare la crescita della *TFP*.

Successivamente, Antonelli e Barbiellini Amidei (2007) approfondiscono come la *TFP*, spesso considerata un indicatore di progresso tecnologico, rifletta l'efficienza complessiva con cui un'economia utilizza i suoi fattori produttivi. In questo contesto, la crescita della *TFP* è vista come un elemento chiave per sostenere la crescita economica a lungo termine. Il lavoro esplora come l'innovazione, in particolare quella tecnologica, contribuisca all'aumento della *TFP*. I due autori sottolineano che l'innovazione non è solo il risultato di investimenti in ricerca e sviluppo, ma anche di processi interattivi e cumulativi che coinvolgono vari attori economici.

Una parte significativa dell'analisi si concentra sul contesto italiano, esaminando le peculiarità della crescita della *TFP* in Italia rispetto ad altri paesi europei. Antonelli e Barbiellini Amidei (2007) mettono in evidenza le differenze regionali all'interno dell'Italia, che riflettono diverse capacità di innovazione e di assorbimento tecnologico. In questo contesto, gli autori discutono le sfide che l'Italia ha affrontato nel migliorare la propria *TFP*, evidenziando problemi strutturali, come la frammentazione del sistema produttivo e la carenza di investimenti in capitale umano e ricerca.

Antonelli e Barbiellini Amidei (2007) argomentano che la *TFP* è fortemente influenzata dalla capacità di un'economia di creare, assorbire e diffondere conoscenza. Le reti di conoscenza, sia a livello locale che globale, giocano un ruolo cruciale in questo processo. Il lavoro analizza come le interazioni tra imprese, istituzioni di ricerca e governo possano facilitare o ostacolare la diffusione dell'innovazione, influenzando così la crescita della *TFP*.

Gli autori discutono anche le implicazioni delle loro scoperte per la politica economica. Sugeriscono che le politiche pubbliche dovrebbero essere mirate a

migliorare le infrastrutture di conoscenza, promuovere la collaborazione tra settore pubblico e privato, e incentivare gli investimenti in ricerca e sviluppo. In particolare, Antonelli e Barbiellini Amidei (2007) sottolineano l'importanza di creare un ambiente favorevole all'innovazione, con politiche che supportino non solo l'introduzione di nuove tecnologie, ma anche la loro diffusione e adozione diffusa.

Successivamente, Feder (2018) si concentra sull'influenza che la *TFP* ha sulla crescita economica e sul progresso economico.

Il lavoro di Feder (2018) esplora il ruolo centrale della *TFP* nello sviluppo economico, analizza come la *TFP* contribuisca alla crescita economica e quali fattori ne influenzino variazioni tra i diversi paesi. La ricerca si concentra su come le differenze nella *TFP* dei vari paesi possano spiegare le disparità di crescita e sviluppo.

Feder (2018) presenta evidenze empiriche che dimostrano come la *TFP* influisca sulla crescita economica. I risultati mostrano che i paesi con una *TFP* più alta tendono ad avere tassi di crescita economica più elevati e livelli di sviluppo più avanzati.

Feder (2018) discute le implicazioni delle sue scoperte per le politiche economiche. Sottolinea l'importanza di promuovere politiche che stimolino l'innovazione, migliorino l'efficienza del mercato del lavoro e investano in capitale umano per migliorare la *TFP*. Le raccomandazioni includono l'adozione di politiche mirate a ridurre le disparità di produttività e a sostenere le regioni meno sviluppate.

### **2.3 Gli studi sulla relazione tra la *TFP* e l'innovazione**

Antonelli (2006) offre una visione alternativa della *TFP*, esaminando in profondità le dinamiche dell'innovazione e del cambiamento tecnologico. Critica l'approccio tradizionale, che considera la *TFP* come un fattore esogeno e non spiegato dal modello economico, responsabile del residuo nella contabilità della crescita. In questo schema, la *TFP* è spesso associata al progresso tecnologico, ma

senza chiarire i meccanismi attraverso i quali tale progresso avviene. Antonelli (2006) evidenzia come questo approccio trascuri la natura interattiva e cumulativa dell'innovazione e del cambiamento tecnologico, che sono invece processi endogeni, modellati da diversi fattori interni all'economia.

Proponendo una reinterpretazione della *TFP*, Antonelli (2006) la descrive come il risultato di processi endogeni di innovazione e cambiamento tecnologico. In questa prospettiva, la *TFP* non è semplicemente un residuo, ma un fenomeno emergente dall'interazione di molteplici fattori economici, tra cui gli investimenti in ricerca e sviluppo (R&S), l'accumulazione di conoscenza e gli spillover tecnologici. La crescita della *TFP*, quindi, non è uniforme né automatica, ma dipende strettamente dal contesto economico, istituzionale e storico. Questo implica che politiche economiche mirate e le condizioni di mercato possono influenzare significativamente il tasso di crescita della *TFP*.

Antonelli (2006) mette in luce l'importanza della complessità nei processi economici e nei sistemi di innovazione, sostenendo che la *TFP* può essere compresa più a fondo attraverso un'analisi che consideri la complessità delle interazioni tra agenti economici, istituzioni e tecnologie. Un elemento cruciale nella sua analisi è il concetto di complementarità tecnologica: la sinergia tra nuove tecnologie e capacità produttive esistenti può accelerare la crescita della *TFP*, ma può anche generare frizioni e inefficienze se l'integrazione delle nuove tecnologie con l'infrastruttura esistente non avviene in modo armonioso.

Una delle principali implicazioni del lavoro di Antonelli (2006) è che le politiche economiche dovrebbero focalizzarsi sul sostegno all'innovazione endogena e sull'accumulazione di conoscenze e competenze. Ciò può essere realizzato attraverso investimenti in istruzione, ricerca e sviluppo, e creando un ambiente che favorisca l'imprenditorialità e la diffusione delle nuove tecnologie. Inoltre, Antonelli (2006) sottolinea che la diversità economica e la varietà di esperienze sono elementi essenziali per alimentare processi di innovazione capaci di sostenere la crescita della *TFP* nel lungo periodo.

Successivamente, Antonelli e Quatraro (2010) concentrarono la loro attenzione sull'influenza della conoscenza e dell'innovazione sulla crescita della *TFP*. Gli

autori esaminano come l'innovazione e la produzione di conoscenza rappresentino elementi fondamentali per la crescita della *TFP*, sostenendo che l'innovazione non solo introduce nuovi prodotti e processi, ma migliora anche l'efficienza nell'utilizzo delle risorse, contribuendo così a incrementare la *TFP*. Un aspetto centrale del loro studio è l'idea che la conoscenza non sia distribuita in modo uniforme, ma sia localizzata e cumulativa, il che implica che le economie in grado di creare e mantenere ambienti favorevoli alla produzione di conoscenza tendono a registrare una crescita più elevata della *TFP*.

Antonelli e Quatraro (2010) sottolineano che la crescita della *TFP* è un processo dinamico, influenzato dalle interazioni tra diversi attori economici, come imprese, istituzioni di ricerca e governi. Propongono che la crescita della *TFP* derivi da un processo di selezione, in cui le innovazioni più efficaci e le conoscenze più produttive vengono adottate e diffuse all'interno dell'economia.

Un concetto chiave introdotto dagli autori è quello della "capitalizzazione della conoscenza", che si riferisce alla capacità di un sistema economico di trasformare la conoscenza in capitale produttivo. Questo processo avviene attraverso l'integrazione della conoscenza nelle pratiche produttive, migliorando così l'efficienza e la produttività. Antonelli e Quatraro (2010) analizzano come le differenze nella capacità di capitalizzare la conoscenza possano spiegare le variazioni nei tassi di crescita della *TFP* tra diverse economie e regioni.

Successivamente, Antonelli et al. (2014) hanno approfondito l'impatto delle dinamiche di innovazione e conoscenza sulla *TFP* e, di conseguenza, sulla crescita economica. Il loro studio si focalizza sull'importanza dell'innovazione e della conoscenza come determinanti fondamentali della *TFP*. Gli autori sostengono che la capacità di un'economia di generare e diffondere innovazioni è cruciale per migliorare la produttività complessiva. L'innovazione, infatti, non solo introduce nuove tecnologie e processi, ma ottimizza anche l'efficienza nell'uso delle risorse. In questo contesto, la conoscenza assume un ruolo centrale nella creazione di nuove idee e tecnologie che possono potenziare la *TFP*.

Nell'analisi della *TFP*, Antonelli et al. (2014) sottolineano che la crescita della produttività è un processo dinamico, influenzato da complesse interazioni tra

innovazione, istituzioni e politiche economiche. Essi riconoscono che la *TFP* non è un elemento statico, ma evolve nel tempo attraverso meccanismi di apprendimento e adattamento tecnologico e organizzativo.

Gli autori esplorano anche come la diffusione delle tecnologie e delle innovazioni influisca sulla *TFP*, esaminando il processo attraverso il quale le nuove tecnologie si diffondono tra imprese e settori. Questo processo può essere facilitato o ostacolato da fattori istituzionali ed economici. Il loro lavoro enfatizza l'importanza di creare ambienti favorevoli alla diffusione tecnologica, attraverso reti di innovazione e politiche pubbliche che supportino l'adozione di nuove tecnologie.

Un altro aspetto cruciale discusso dagli autori è l'interazione tra capitale umano e infrastrutture di conoscenza. Essi evidenziano come gli investimenti in capitale umano e in infrastrutture di ricerca e sviluppo (R&S) possano influenzare positivamente la crescita della *TFP*. La qualità dell'istruzione e la disponibilità di risorse per la ricerca sono visti come fattori chiave per migliorare la capacità di un'economia di generare e utilizzare conoscenze innovative.

Infine, Antonelli et al. (2014) discutono le implicazioni politiche delle loro scoperte, suggerendo che le politiche economiche dovrebbero essere orientate a promuovere l'innovazione e a potenziare le infrastrutture di conoscenza. Le loro raccomandazioni includono il rafforzamento dei legami tra università e imprese, l'incentivazione degli investimenti in R&S e il miglioramento del clima imprenditoriale per facilitare l'adozione di nuove tecnologie.

Qualche anno dopo, Sturgill e Zuleta (2016, 2017) hanno esaminato la *TFP* e il suo rapporto con l'innovazione, concentrandosi in particolare sui mercati emergenti. Il loro studio offre un contributo significativo alla comprensione di come l'innovazione influisca sulla *TFP* in contesti economici diversi da quelli dei paesi sviluppati.

Sturgill e Zuleta (2016, 2017) analizzano il comportamento della *TFP* nei mercati emergenti, confrontando le dinamiche di produttività in questi paesi con quelle delle economie avanzate. Esplorano le peculiarità e le sfide che i mercati emergenti affrontano nel migliorare la *TFP*, includendo un'analisi di come istituzioni,

infrastrutture e contesti economici locali influenzino la capacità di questi paesi di incrementare la loro produttività.

Un aspetto centrale della loro ricerca è l'esame del ruolo dell'innovazione nella crescita della *TFP* nei mercati emergenti. Gli autori discutono come l'innovazione tecnologica e organizzativa possa contribuire all'aumento della produttività in questi contesti, identificando sia le barriere che le opportunità per l'innovazione. Fattori come l'accesso al capitale, la qualità dell'istruzione e l'efficacia delle politiche pubbliche sono considerati determinanti cruciali.

Il loro lavoro si avvale di evidenze empiriche e studi di caso che mostrano come l'innovazione e le politiche economiche influenzino la *TFP* in vari paesi emergenti. Sturgill e Zuleta (2016, 2017) forniscono esempi concreti di paesi che hanno migliorato la loro produttività attraverso l'innovazione e il miglioramento delle condizioni economiche, offrendo una comprensione più profonda dei meccanismi attraverso cui l'innovazione può stimolare la *TFP* e delle sfide specifiche che i mercati emergenti devono affrontare.

Infine, gli autori discutono le implicazioni delle loro scoperte per le politiche pubbliche nei mercati emergenti. Essi suggeriscono che le politiche dovrebbero mirare a creare un ambiente favorevole all'innovazione e all'accumulazione di capitale umano, raccomandando interventi mirati per migliorare l'accesso ai finanziamenti per l'innovazione, investire in istruzione e formazione, e rafforzare le istituzioni che facilitano l'adozione e la diffusione delle nuove tecnologie.

Contemporaneamente, Lee e Malerba (2017) esplorano il legame tra innovazione, produttività e cicli economici, utilizzando dati a livello di impresa. Il loro studio contribuisce al dibattito su come le fluttuazioni cicliche e l'innovazione influenzino la *TFP* e il comportamento delle imprese nel tempo.

Lee e Malerba (2017) esaminano vari tipi di innovazione, come quella di prodotto e di processo, analizzando come ciascuna influisca sulla *TFP*. Mettono in evidenza la distinzione tra innovazioni incrementali e radicali, e come queste diverse forme di innovazione possano avere impatti differenti sulla produttività.

Il lavoro approfondisce l'influenza delle fluttuazioni cicliche sulla *TFP* delle imprese, indagando come le variazioni del ciclo economico, come recessioni ed espansioni, incidano sulla capacità delle imprese di innovare e, di conseguenza, sulla loro produttività. L'analisi include l'effetto dei cicli economici sulle decisioni di investimento in innovazione e sulle strategie adottate dalle imprese per migliorare la produttività nelle diverse fasi del ciclo economico.

Lee e Malerba (2017) presentano evidenze empiriche che dimostrano come l'innovazione possa attenuare o amplificare gli effetti delle fluttuazioni cicliche sulla produttività. Ad esempio, le imprese che investono maggiormente in innovazione tendono a essere più resilienti durante le recessioni e più capaci di cogliere opportunità durante le fasi di espansione economica. I risultati mostrano che le imprese innovative mantengono una produttività più elevata rispetto a quelle meno innovative, soprattutto nei periodi di crisi economica.

Il lavoro discute anche le implicazioni delle loro scoperte per le politiche pubbliche e la gestione aziendale. Gli autori suggeriscono che le politiche dovrebbero incentivare l'innovazione come strumento per migliorare la resilienza delle imprese durante i cicli economici. Per i manager, le implicazioni includono la necessità di pianificare e investire strategicamente in innovazione per migliorare la produttività e affrontare efficacemente le sfide poste dalle fluttuazioni economiche.

Infine, Antonelli e Feder (2019) indagano la relazione tra innovazione, conoscenza e *TFP* in Italia, concentrandosi sul cosiddetto "paradosso della produttività". Questo fenomeno descrive la situazione in cui, nonostante un aumento degli investimenti in innovazione e conoscenza, i guadagni in termini di produttività risultano modesti o addirittura assenti.

Nel loro studio, Antonelli e Feder (2019) esplorano le ragioni di questa discrepanza, analizzando perché, nonostante gli sforzi crescenti in ricerca e sviluppo e altre forme di innovazione, i miglioramenti nella produttività non siano sempre all'altezza delle aspettative in alcune regioni europee, con un focus particolare sull'Italia.

Il lavoro identifica i principali fattori determinanti della *TFP* nel contesto italiano, come l'intensità dell'innovazione, la qualità del capitale umano e le infrastrutture di conoscenza. Antonelli e Feder (2019) analizzano come questi elementi influenzino la capacità delle diverse regioni di trasformare innovazione e conoscenza in aumenti di produttività. Viene esaminato anche il ruolo delle istituzioni e delle politiche pubbliche nel favorire o ostacolare questa crescita.

Utilizzando dati regionali provenienti da varie fonti, lo studio isola gli effetti specifici dell'innovazione e della conoscenza sulla *TFP*, evidenziando le disparità tra le regioni. I risultati mostrano che, sebbene le regioni con maggiori investimenti in innovazione e conoscenza tendano a registrare una produttività più elevata, i guadagni non sono sempre proporzionali. Alcune regioni riescono a tradurre più efficacemente gli investimenti in aumenti di produttività rispetto ad altre.

Antonelli e Feder (2019) sottolineano che le differenze nella capacità di convertire l'innovazione in produttività possono dipendere da vari fattori, come l'efficienza istituzionale, la qualità della governance e la capacità di assorbire e diffondere nuove conoscenze. Alla luce di queste scoperte, gli autori suggeriscono che le politiche pubbliche dovrebbero non solo incentivare l'innovazione, ma anche migliorare le infrastrutture e le istituzioni necessarie per l'assorbimento e l'uso efficace delle nuove conoscenze. Raccomandano inoltre politiche che promuovano la collaborazione tra imprese e istituzioni di ricerca e che facilitino l'accesso alle risorse e alla formazione necessaria per sfruttare al meglio le opportunità offerte dall'innovazione.

## **2.4 Congruenza tecnologica e tecnologia appropriata**

Abramovitz e David (2001) hanno apportato un contributo significativo in questa linea di ricerca con il concetto di "congruenza tecnologica". Definiscono la congruenza tecnologica come una misura di quanto una tecnologia sia adeguata all'ambiente economico. Studi recenti su questo tema supportano l'idea che la frontiera tecnologica avanza in modo asimmetrico a causa delle conoscenze scientifiche e pratiche e della quantità di input presenti nei paesi in via di sviluppo.



Tuttavia, è possibile generalizzare il concetto e misurare quanto una tecnologia sia coerente sia con la produttività sia con i costi dei loro input, indipendentemente dal fatto che si tratti di paesi sviluppati o in via di sviluppo. La generalizzazione del concetto di congruenza tecnologica permette di spiegare la direzione dei cambiamenti tecnologici distorti a favore dell'input più abbondante a livello locale. Infatti, la congruenza tecnologica porta allo sviluppo di nuove tecnologie all'interno di corridoi tecnologici specifici per ogni contesto locale.

Basu e Weil (1998) proposero un concetto simile: la "tecnologia appropriata". Il concetto di "tecnologia appropriata" si riferisce all'idea che la tecnologia ottimale per un determinato paese non sia necessariamente la più avanzata disponibile a livello globale, ma piuttosto quella che meglio si adatta alle condizioni specifiche del paese stesso. Questo concetto si basa sull'idea che l'adozione della tecnologia dovrebbe considerare fattori come il livello di sviluppo economico, le risorse disponibili, il capitale umano, e le infrastrutture esistenti. In altre parole, la tecnologia più appropriata è quella che consente al paese di massimizzare la propria produttività data la sua situazione economica e sociale. In alcuni casi, l'adozione di tecnologie molto avanzate può essere inefficace o addirittura controproducente se le condizioni locali non permettono di sfruttarle pienamente.

Basu e Weil (1998) sostengono che i paesi con redditi più bassi possono ottenere maggiori benefici da tecnologie meno avanzate ma più adatte alle loro condizioni economiche e sociali. Essi vedono il cambiamento tecnologico come un lento avanzamento delle possibilità produttive, in cui ogni tecnologia richiede un certo equilibrio di capitale, lavoro e conoscenza tecnica. Una tecnologia è considerata "appropriata" solo se gli input necessari sono disponibili e ben bilanciati nel contesto locale. Pertanto, il trasferimento tecnologico dai paesi sviluppati a quelli in via di sviluppo non riguarda solo l'accesso alla tecnologia, ma anche la sua adattabilità alle condizioni locali. Se la tecnologia trasferita richiedesse risorse non facilmente disponibili o non adeguate, il trasferimento potrebbe risultare inefficace e ostacolare la crescita economica.

Quanto detto permette di introdurre il concetto di *BTC*, il quale evidenzia la direzione delle innovazioni tecnologiche.

## 2.5 I primi studi sul concetto di BTC

Marx (1867) fu il primo a introdurre il concetto di *BTC*. Egli sosteneva che, per contrastare l'aumento dei salari, i capitalisti adottavano tecnologie che richiedevano più capitale, sostituendo il lavoro umano. In un mercato competitivo, le imprese sono spinte a migliorare la produttività e ridurre i costi, portando a una maggiore adozione di tecnologie capital-intensive. Questo processo può inizialmente aumentare la disoccupazione, ma nel tempo, l'aumento dell'efficienza produttiva e della crescita economica può far risalire la domanda di lavoro e i salari. Marx (1867) non considerava il costo del capitale, concentrandosi invece sulle variazioni del costo del lavoro e sulle decisioni di investimento in nuove tecnologie. Queste limitazioni riflettono il contesto storico in cui Marx sviluppò le sue idee.

Nel secolo successivo, Hicks (1932) conferma l'intuizione di Marx (1867) sull'importanza delle tecnologie capital-intensive durante la Rivoluzione Industriale, ma aggiunge che in altri periodi storici potrebbero emergere innovazioni più orientate al lavoro. Tuttavia, non chiarisce se i cambiamenti tecnologici siano guidati dai costi degli input relativi o assoluti. Hicks (1932) osserva che, quando cambia il costo relativo di due input, le imprese tendono a scegliere tecnologie che utilizzano di più l'input relativamente più economico, il che altera la distribuzione del reddito. Se il costo del lavoro aumenta, le tecnologie capital-intensive diventano più comuni, riducendo il potere contrattuale dei lavoratori e i loro salari, mentre i profitti del capitale aumentano, portando a una redistribuzione del reddito a favore del capitale. Questo cambiamento nella distribuzione del reddito avviene in termini relativi, poiché la quota del capitale cresce rispetto a quella del lavoro. Hicks mostra anche che i cambiamenti tecnologici possono essere influenzati da variazioni assolute nei costi degli input, specialmente se accompagnati da nuove conoscenze tecnologiche, con effetti sulla distribuzione del reddito sia relativi che assoluti.

Hicks (1932), come i suoi contemporanei, assume l'ipotesi di una diminuzione dell'elasticità di sostituzione, e quindi il *BTC* compensa questo effetto e aumenta la quota di profitto. La nozione di *BTC* proposta da Hicks (1932) potrebbe essere formalizzata con la conoscenza economica moderna come un raddrizzamento locale

dell'isoquante. L'interpretazione a livello relativo mostra che il *BTC* migliora la produttività dell'input meno costoso.

Tuttavia, nel decennio successivo sono emerse alcune critiche rilevanti che hanno messo in discussione il concetto di *BTC*. In primo luogo, Salter (1960) sostiene che gli imprenditori adottano qualsiasi innovazione che riduca i loro costi di produzione e indirizzano i loro sforzi verso la produttività di un input specifico solo se la conoscenza di quest'ultimo è la più accessibile.

In secondo luogo, l'introduzione dell'elasticità di sostituzione e la formalizzazione della funzione CES (Costante Elasticità di Sostituzione) da parte di Arrow et al. (1961) hanno sollevato dubbi sulla relazione diretta tra elasticità della produzione e la quota di reddito dei fattori di produzione, come descritto dal teorema di Eulero. L'elasticità di sostituzione misura quanto facilmente un'impresa può sostituire un input con un altro senza cambiare il livello di produzione. La funzione CES amplia la funzione Cobb-Douglas, permettendo diverse elasticità di sostituzione tra capitale e lavoro. Mentre la funzione Cobb-Douglas assume un'elasticità di sostituzione pari a 1, che mantiene costante la distribuzione del reddito tra i fattori, una elasticità diversa da 1 può causare cambiamenti nella quota di reddito del lavoro quando avvengono variazioni nei salari, indipendentemente dalla direzione del cambiamento tecnologico. Poiché nella funzione CES non c'è un collegamento diretto e semplice tra le variazioni delle quote di reddito e l'elasticità della produzione, diventa più difficile per gli economisti testare e confermare empiricamente l'ipotesi di *BTC*. Questa ipotesi suggerisce che i cambiamenti tecnologici influenzano in modo differenziato la distribuzione del reddito tra lavoro e capitale.

Infine, Fellner (1961) sottolinea la necessità di una concettualizzazione dinamica del *BTC*, affermando che gli imprenditori orientano il cambiamento tecnologico verso l'input relativamente più economico solo se è stato tale in passato e se esiste una probabilità sufficientemente alta che rimanga il più economico anche in futuro.

## 2.6 Gli studi sulla relazione tra il BTC e l'innovazione

Kaldor (1961) contribuì alla teoria della crescita economica introducendo alcune regolarità empiriche sufficientemente diffuse e regolari della crescita economica, chiamate “fatti stilizzati”, le quali hanno bisogno del concetto di *BTC* per essere spiegate. Kaldor (1961) ha infatti rilevato empiricamente che, da un lato, la produzione per lavoratore, il capitale per lavoratore e i salari aumentano costantemente nel lungo periodo, mentre, dall'altro, il rapporto capitale/produzione, il costo del capitale e la quota degli input rimangono sostanzialmente costanti.

Gli economisti usarono il *BTC* per incorporare i fatti stilizzati di Kaldor (1961) nel quadro neoclassico. Per rispondere alla critica di Salter (1960) e spiegare i fatti stilizzati di Kaldor (1961), Kennedy (1964) introdusse la “frontiera delle possibilità di invenzione”. Questo concetto suggerisce che i cambiamenti tecnologici possono essere orientati verso tecnologie che utilizzano in modo più efficiente l'input meno costoso. La riformulazione di Kennedy (1964) assume che, anche quando la quantità di input rimane costante in termini relativi, cioè, la proporzione tra i diversi input non cambia, il progresso tecnologico tende ad orientarsi verso l'input meno costoso. Nel lungo termine, i costi marginali del lavoro e del capitale saranno uguali, ma il loro rapporto aumenterà a causa dell'accumulazione costante di capitale. Di conseguenza, dal modello di Kennedy (1964) emergono sia un *BTC* labor-intensive sia una quota costante di input.

Estendendo il modello di Kennedy (1964), Samuelson (1965) fece un notevole sforzo per formalizzare il concetto di innovazione distorta utilizzando strumenti come la funzione di produzione aggregata, la sostituzione degli input e l'elasticità di sostituzione. Il modello di Samuelson (1965) riproduce i risultati di Kennedy (1964) quando il costo relativo o la dotazione degli input è costante. Questo significa che, in queste condizioni, entrambi i modelli prevedono che il progresso tecnologico continui a orientarsi verso l'input meno costoso, in linea con l'idea di *BTC*. Altrimenti, l'elasticità di sostituzione gioca un ruolo chiave, e il modello di Samuelson (1965) riesce a replicare molti dei fatti stilizzati di Kaldor (1961). Se l'elasticità di sostituzione è alta, significa che gli input sono facilmente sostituibili tra loro. In tal caso, le variazioni nei costi relativi degli input possono avere un

impatto più marcato sul tipo di progresso tecnologico che si sviluppa. Se l'elasticità di sostituzione è bassa, la sostituzione tra input è più difficile e il progresso tecnologico può essere orientato verso l'input meno costoso.

Successivamente, Blanchard (1997) e Caballero e Hammour (1998) hanno studiato il *BTC* utilizzando i due input standard capitale e lavoro. Contrariamente ai fatti stilizzati di Kaldor (1961), a partire dagli anni Sessanta, la quota degli input ha cominciato a cambiare a un ritmo eterogeneo tra i paesi e nel tempo. Infatti, specialmente in Europa e Giappone, la distribuzione del reddito è diventata instabile, e dagli anni Settanta la quota salariale è diminuita mentre il tasso di disoccupazione è rimasto elevato. Inizialmente, questa evidenza empirica è stata spiegata con la dissociazione temporanea tra il salario reale e la produttività del lavoro. Tuttavia, questa prima spiegazione non poteva descrivere la tendenza a lungo termine. Pertanto, Blanchard (1997) e Caballero e Hammour (1998) combinarono gli approcci di Hicks e neo-keynesiani per suggerire che l'incentivo delle imprese a utilizzare l'input più economico, cioè il capitale, introducendo cambiamenti tecnologici distorti e modificando l'elasticità di sostituzione, spiega questa persistenza.

## **CAPITOLO 3: Il processo di crescita nei paesi sviluppati e in via di sviluppo**

### **3.1 Le differenze tra paesi sviluppati e paesi in via di sviluppo**

Come suggeriscono i risultati del progetto SAPPHO, l'innovazione tecnologica ben promossa aiuta i paesi in via di sviluppo a diventare più avanzati e ambiziosi, preservando le risorse per le future generazioni e migliorando la qualità della vita. Questi paesi possono aumentare il loro PIL migliorando la produttività attraverso beni innovativi e nuovi metodi di produzione.

Nei paesi sviluppati, l'innovazione è radicale e contribuisce significativamente alla conoscenza globale. Invece, nei paesi in via di sviluppo, l'innovazione è meno contributiva alla frontiera della conoscenza globale, ma è comunque vitale per l'economia locale.

L'innovazione tecnologica porta alcuni vantaggi al sistema economico di un paese: la diversificazione delle fonti energetiche, la riduzione dell'inquinamento, una maggiore precisione nella produzione e la riduzione dei costi grazie alla commercializzazione di tecnologie moderne, infine, un miglioramento della prosperità sociale. In sintesi, il cambiamento tecnologico e l'accumulazione di conoscenza sono fondamentali per lo sviluppo economico sostenibile.

L'innovazione è l'integrazione di nuove idee nell'economia di un paese, influenzando positivamente la crescita economica. Il processo di innovazione inizia con la generazione di idee creative, individuando molte idee e selezionando quelle che affrontano i problemi attuali o sfruttano al meglio le opportunità per soddisfare le esigenze del paese. Successivamente, le idee vengono accettate e implementate per introdurre nuovi prodotti o metodi di produzione. L'innovazione implica quindi la trasformazione di nuove idee e conoscenze in nuovi prodotti e servizi, che possono aprire nuovi mercati o identificare fonti adeguate di materie prime.

### **3.2 Il “catch-up”**

In economia, il "catch-up" si riferisce al processo mediante il quale le economie o le aziende che sono indietro rispetto ai leader di settore cercano di raggiungere il loro livello di sviluppo o prestazioni. Il dibattito sul “catch-up” dei paesi ritardatari riguarda se questi dovrebbero seguire il percorso tecnologico dei

precursori o svilupparne uno proprio. Tradizionalmente, si è osservato che i ritardatari tendono a recuperare il divario tecnologico adattando tecnologie esistenti.

Tuttavia, emergono nuove teorie che suggeriscono che i ritardatari possano saltare fasi tecnologiche e creare percorsi alternativi, come evidenziato dalla teoria del "leapfrogging". Svolgendo un'analogia dal contesto microeconomico, il "leapfrogging" permette ai ritardatari di bypassare tecnologie obsolete e investire in tecnologie emergenti, superando i limiti imposti dai precursori. Studi recenti mostrano che molti successi economici dei ritardatari sono legati a questa strategia, che comporta anche deviazioni dalle pratiche degli incumbents, cioè un'azienda o a un'organizzazione che ha una posizione consolidata o dominante in un settore di mercato.

Lee (2011) presenta un modello che descrive il processo di "catch-up" dei paesi in via di sviluppo come un percorso che include un ingresso tardivo, alcune deviazioni e, infine, il "leapfrogging". Le deviazioni consistono in innovazioni minori, nell'aumento del valore aggiunto locale e nella specializzazione in tecnologie a ciclo breve.

Il "leapfrogging" avviene quando i paesi in ritardo superano i leader tecnologici sfruttando specifiche "finestre di opportunità". Queste finestre si aprono durante cambiamenti paradigmatici o momenti di rottura, come descritto da Perez e Soete (1988), riducendo le barriere all'ingresso per i ritardatari e facilitando il recupero del divario tecnologico. Un esempio di finestra di opportunità è l'emergere di nuove tecnologie, che consente ai ritardatari di competere su un piano di parità con i leader consolidati. I leader storici, legati ai loro investimenti precedenti, possono rimanere indietro mentre i ritardatari sfruttano il nuovo paradigma. Un altro esempio è rappresentato dai cambiamenti nella domanda: i cicli economici e le fluttuazioni della domanda possono offrire opportunità ai nuovi entranti, poiché le recessioni liberano risorse e abbassano i costi delle tecnologie avanzate. Infine, gli interventi governativi possono creare un contesto favorevole per i nuovi arrivati, consentendo loro di competere più efficacemente contro i leader esistenti.



La tesi del “leapfrogging” ha radici nell’idea di vantaggio dei ritardatari proposta da Gerschenkron (1962), secondo cui i paesi ritardatari possono adottare tecnologie solo quando diventano mature e standardizzate. Tuttavia, questa idea si concentrava principalmente sul recupero tecnologico già esistente.

Successivamente, Freeman e Soete (1997) e Perez e Soete (1988) hanno ampliato il concetto, sottolineando come i nuovi paradigmi tecnologici offrano ai ritardatari una finestra di opportunità per evitare il blocco nei vecchi sistemi tecnologici e per accedere a nuove industrie emergenti. Perez e Soete (1988) hanno identificato tre vantaggi chiave per i ritardatari.

Il primo punto, riguardante le barriere all’ingresso e le nuove tecnologie, sottolinea che l’emergere di nuove tecnologie può ridurre i costi e le barriere iniziali per le nuove imprese, facilitando l’ingresso nel mercato. Questo scenario crea opportunità per l’innovazione e la competizione, cambiando il panorama competitivo e promuovendo l’emergere di nuovi attori nel mercato.

Il secondo punto, riguardante l’accessibilità della conoscenza, è cruciale per comprendere come le nuove tecnologie e i paradigmi emergenti influenzano il processo di innovazione e l’ingresso nel mercato. Questo aspetto si riferisce a come la disponibilità e l’accessibilità delle informazioni e delle risorse tecnologiche possono facilitare o ostacolare l’innovazione, specialmente all’inizio di un nuovo paradigma tecnologico.

Il terzo è il fenomeno del “lock-in” degli incumbent. Questo fenomeno si manifesta quando le organizzazioni, in particolare quelle consolidate, diventano intrappolate nelle tecnologie e nei processi esistenti a causa di investimenti significativi e irrecuperabili, limitando la loro capacità di innovare e adattarsi a nuove soluzioni.

### **3.3 I presupposti del “catch-up”**

Il concetto di “catch-up” per le economie ritardatarie richiede delle precondizioni, in particolare il consolidamento delle capacità tecnologiche. Tuttavia, costruire tali capacità è complesso e differisce dalle normali capacità di

produzione. Lee (2019) suggerisce tre deviazioni strategiche per affrontare i fallimenti e le barriere esistenti.

La prima è l'attuazione dell'innovazione imitativa con diritti di proprietà intellettuale liberi, attraverso piccoli brevetti e marchi, piuttosto che seguire rigorosamente le normative sui diritti di brevetto esistenti. Questo approccio si basa sull'idea che le innovazioni possono essere sviluppate e implementate senza le restrizioni imposte dai diritti di proprietà intellettuale (IP) o con diritti di IP che sono liberi o non vincolanti.

Poi, attraverso le catene globali del valore (GVC). Una GVC è l'insieme di tutte le attività, dalla produzione alla distribuzione, che aggiungono valore a un prodotto o servizio, distribuite in diverse località geografiche. Inizialmente, le economie ritardatarie dovrebbero partecipare alle GVC per apprendere, ma poi ridurre la loro dipendenza da queste catene. La partecipazione eccessiva può limitare l'accesso a segmenti di valore aggiunto più elevato, mantenendo i paesi in segmenti a basso valore e bloccandoli nella trappola del reddito medio.

Per ultime le tecnologie a ciclo breve. Le tecnologie a ciclo breve si riferiscono a tecnologie che hanno un ciclo di vita relativamente breve, caratterizzate da rapidi cambiamenti, evoluzioni e obsolescenze. Queste tecnologie si sviluppano e maturano rapidamente, e le innovazioni possono cambiare significativamente in poco tempo. Le tecnologie a ciclo breve offrono minori barriere all'ingresso e maggiori opportunità di crescita attraverso frequenti innovazioni.

Per effettuare il "catch-up", le economie ritardatarie devono migliorare le loro capacità tecnologiche. Questo richiede l'istituzione di centri di ricerca e sviluppo (R&S) interni, poiché le imprese straniere sono spesso riluttanti a concedere licenze tecnologiche. È importante adottare diversi canali di apprendimento, come contratti di co-sviluppo, padronanza della letteratura scientifica, e fusioni e acquisizioni internazionali. Ad esempio, le aziende coreane hanno iniziato a stabilire centri R&S all'estero per accedere più facilmente alle tecnologie avanzate.

In sintesi, il “catch-up” per le economie ritardatarie dipende dalla costruzione di capacità tecnologiche attraverso strategie innovative e l'adattamento ai cambiamenti nel mercato globale.

### **3.4 Il ruolo della TFP nel “catch-up”**

Il lavoro di Abramovitz (1986) è uno dei contributi più influenti nello studio della *TFP* e della crescita economica. Abramovitz (1986) introduce concetti chiave relativi alla dinamica del “catching-up” tra le economie e fornisce una visione più complessa della *TFP* come indicatore di progresso tecnologico e sviluppo economico. Nel suo articolo, Abramovitz (1986) discute la possibilità per i paesi meno sviluppati di recuperare il ritardo rispetto ai paesi più avanzati. La sua tesi centrale è che le economie meno sviluppate, che hanno un grande potenziale di crescita, possono sperimentare tassi di crescita più rapidi se riescono a sfruttare la tecnologia e le pratiche avanzate già sviluppate nei paesi leader. Tuttavia, questo processo di recupero non è automatico. Abramovitz (1986) sottolinea che il successo nel “catching-up” dipende da diversi fattori, tra cui l'infrastruttura istituzionale, il capitale umano e la capacità di adottare e adattare le tecnologie importate.

Abramovitz (1986) evidenzia come la *TFP* sia un indicatore chiave della capacità di un'economia di incorporare il progresso tecnologico. In altre parole, la crescita della *TFP* riflette non solo il semplice aumento degli input produttivi, ma anche l'efficienza con cui questi input vengono utilizzati grazie alle nuove tecnologie e ai miglioramenti organizzativi. Il residuo di Solow, spesso attribuito a fattori non misurati come il progresso tecnologico, è al centro dell'analisi di Abramovitz (1986), il quale sottolinea che gran parte della crescita economica nei paesi avanzati è dovuta a miglioramenti nella *TFP* piuttosto che a semplici aumenti di capitale o forza lavoro.

Uno dei concetti chiave introdotti da Abramovitz (1986) è quello di "social capability", che si riferisce alla capacità di una società di sfruttare efficacemente le nuove tecnologie. Questo concetto include fattori come l'educazione, le istituzioni,

l'organizzazione industriale e le politiche pubbliche. Secondo Abramovitz (1986), le economie che possiedono una maggiore "social capability" hanno maggiori probabilità di registrare un alto tasso di crescita della *TFP*, poiché sono meglio equipaggiate per adottare, adattare e diffondere nuove tecnologie.

L'analisi di Abramovitz (1986) ha importanti implicazioni per le politiche economiche, suggerendo che i paesi in via di sviluppo devono investire in capitale umano, istituzioni forti e infrastrutture per facilitare il processo di "catching-up". Inoltre, le economie avanzate devono continuare a innovare e a migliorare la loro efficienza per mantenere il loro vantaggio competitivo, poiché la crescita della *TFP* è essenziale per il progresso economico a lungo termine.

### **3.5 La misurazione del livello e della direzione dell'innovazione**

Cobb e Douglas (1928) proposero una funzione di produzione che ha giocato un ruolo cruciale negli studi di economia:

$$Y_t = A_t K_t^{\alpha_t} L_t^{\beta_t}. \quad (2)$$

In cui  $Y_t$  rappresenta il PIL,  $A_t$  è la tecnologia,  $K_t$  è il fattore produttivo capitale,  $L_t$  è il fattore produttivo lavoro,  $\alpha_t$  e  $\beta_t$  sono rispettivamente la produttività del capitale e del lavoro.

Una funzione di produzione descrive la relazione tra i fattori produttivi impiegati in un processo produttivo e la quantità di output ottenuti. In altre parole, la funzione di produzione mostra come i diversi input, come lavoro, capitale, materie prime e tecnologia, si combinano per produrre un certo livello di output. Le funzioni di produzione presentano alcune caratteristiche principali. Per primi, i rendimenti di scala descrivono come l'output cambia al variare di tutti gli input. I rendimenti di scala si classificano in tre tipologie. Possono essere crescenti se l'output aumenta più che proporzionalmente rispetto all'aumento degli input. Sono costanti se l'output aumenta proporzionalmente all'aumento degli input. Infine, sono decrescenti se l'output aumenta meno che proporzionalmente rispetto all'aumento

degli input. Poi, la produttività marginale rappresenta il cambiamento nell'output derivante dall'aumento di un'unità di un input, mantenendo gli altri input costanti. Concettualmente, rappresenta la quantità di output prodotta grazie all'incremento unitario di un input. Matematicamente si calcola mediante la derivata prima della funzione di produzione in relazione all'input che ha subito l'aumento. Infine, la sostituibilità degli input esprime in che misura un input può essere sostituito con un altro mantenendo invariato l'output. La sostituibilità è perfetta quando gli input possono essere scambiati l'uno con l'altro in proporzioni fisse senza influire sul livello di produzione. La sostituibilità è imperfetta quando un input può sostituire l'altro, ma non in proporzioni fisse. Questo significa che, man mano che si sostituisce un input con un altro, la quantità necessaria dell'altro input aumenta progressivamente per mantenere lo stesso livello di produzione. Infine, la sostituibilità è nulla se gli input non possono essere sostituiti l'uno con l'altro.

La funzione di produzione Cobb-Douglas è una forma specifica di funzione di produzione utilizzata in economia per descrivere la relazione tra input e output. Questa funzione è particolarmente nota per la sua capacità di modellare situazioni in cui vi è una complementarità tra i fattori di produzione, ma con una elasticità specifica per ciascun fattore. Questa particolare funzione di produzione è caratterizzata da alcune proprietà. In particolare, gli esponenti  $\alpha_t$  e  $\beta_t$  rappresentano la produttività marginale del capitale e del lavoro. Essi indicano di quanto varia l'output in risposta a una variazione percentuale di uno degli input, mantenendo costante l'altro. In questa specifica funzione di produzione, è possibile riconoscere i rendimenti di scala osservando gli esponenti. Se la loro somma è pari a 1, la funzione ha rendimenti di scala costanti; se la somma è maggiore di 1, la funzione ha rendimenti di scala crescenti; se la somma è minore di 1, la funzione ha rendimenti di scala decrescenti.

Una delle ipotesi fondamentali del modello di Cobb-Douglas (1928) è che le quote dei fattori produttivi, cioè le proporzioni di reddito attribuite al capitale e al lavoro, rimangono costanti nel tempo. Ciò implica che le variazioni nel reddito nazionale sono principalmente attribuibili ai cambiamenti tecnologici (fattore  $A_t$ ), piuttosto che ai cambiamenti nelle quote di capitale e lavoro.

La *TFP* è una misura utilizzata in economia per valutare l'efficienza con cui tutti i fattori di produzione, tipicamente il lavoro e il capitale, vengono utilizzati in un sistema economico per produrre output. La *TFP* rappresenta la parte della crescita economica che non può essere spiegata semplicemente dall'aumento della quantità di lavoro o di capitale, e quindi è spesso interpretata come una misura dell'innovazione e dei progressi tecnologici.

Consideriamo la seguente funzione di produzione Cobb-Douglas caratterizzata da rendimenti di scala costanti al tempo  $t$ :

$$Y_t = A_t K_t^{\alpha_t} L_t^{1-\alpha_t}. \quad (3)$$

In cui  $Y_t$  rappresenta il PIL,  $A_t$  è la tecnologia,  $K_t$  è il fattore produttivo capitale,  $L_t$  è il fattore produttivo lavoro,  $\alpha_t$  e  $1 - \alpha_t$  sono rispettivamente la produttività del capitale e del lavoro.

Per conoscere i livelli di capitale e lavoro impiegati al tempo  $t$ , è possibile applicare le seguenti equazioni derivanti dal teorema di Eulero:

$$K_t = \frac{\alpha_t Y_t}{r_t}, \quad (4)$$

$$L_t = \frac{(1 - \alpha_t) Y_t}{w_t}, \quad (5)$$

dove  $r_t$  e  $w_t$  sono rispettivamente il costo unitario del capitale e del lavoro.

Il teorema di Eulero, nell'ambito dell'economia, è spesso utilizzato in relazione alle funzioni omogenee di primo grado. Questo teorema afferma che, se una funzione di produzione è omogenea di grado uno, ovvero ha rendimenti di scala costanti, allora il prodotto totale può essere esattamente suddiviso tra i fattori di produzione in base alla loro produttività marginale.

Per poter misurare il livello di innovazione è necessario confrontare la produzione osservata al tempo  $t$  ( $Y_t$ ) e la produzione in assenza di tecnologia ( $K_t^{\alpha_t} L_t^{1-\alpha_t}$ ) mediante il rapporto:

$$TFP_t = \frac{Y_t}{K_t^{\alpha_t} L_t^{1-\alpha_t}}. \quad (6)$$

Il concetto di *BTC* è fondamentale per comprendere non solo la quantità, ma anche la direzione dell'innovazione in un'economia. Mentre la *TFP* misura l'efficienza complessiva e l'impatto dell'innovazione, il *BTC* ci dice come l'innovazione influisce in modo differente sui vari fattori di produzione, come il lavoro e il capitale. In altre parole, il *BTC* indica se e come l'innovazione favorisce un fattore di produzione rispetto a un altro.

È necessario considerare che a seguito dell'introduzione di una nuova tecnologia il mix ottimale di produzione cambia e l'effetto distorto causerà una variazione nella produttività di  $K$  e  $L$ . Per comprendere in che direzione si è mossa l'innovazione, bisogna confrontare la produttività dei fattori produttivi, con quella che gli input avrebbero a parità di condizioni dell'anno base. Quindi, il *BTC* mette a confronto la produzione in assenza di tecnologia ( $K_t^{\alpha_t} L_t^{1-\alpha_t}$ ) e la produzione che si otterrebbe se la tecnologia fosse la stessa dell'anno base ( $\hat{K}_t^{\bar{\alpha}} \hat{L}_t^{1-\bar{\alpha}}$ )

Per ottenere il mix ottimo di produzione ( $\hat{K}, \hat{L}$ ) fissando i livelli di produttività all'anno base ( $\bar{\alpha}$ ) si adattano le equazioni (3) e (4):

$$\hat{K}_t = \frac{\bar{\alpha} Y_t}{r_t}, \quad (7)$$

$$\hat{L}_t = \frac{(1 - \bar{\alpha}) Y_t}{w_t}. \quad (8)$$

Una volta ottenute queste informazioni si calcola il *BTC* al tempo  $t$  tramite il rapporto:

$$BTC_t = \frac{K_t^{\alpha_t} L_t^{1-\alpha_t}}{\hat{K}_t^{\bar{\alpha}} \hat{L}_t^{1-\bar{\alpha}}}. \quad (9)$$

Per poter analizzare i risultati ottenuti, si pongono le equazioni (6) e (9) sotto logaritmo naturale.

In primo luogo, è possibile osservare *TFP* e *BTC* individualmente.

L'innovazione tecnologica ha contribuito a rendere più produttivo un sistema se  $\ln TFP_{t+1}$  è maggiore di  $\ln TFP_t$ . In questo caso, il cambiamento tecnologico ha contribuito ad aumentare il PIL.

L'innovazione tecnologica ha danneggiato il sistema se  $\ln TFP_{t+1}$  è minore di  $\ln TFP_t$ . Questo significa che il cambiamento tecnologico ha contribuito a diminuire il PIL.

L'innovazione tecnologica è stata sfruttata a vantaggio del sistema se  $\ln BTC_t$  è maggiore di zero. Il cambiamento tecnologico è stato orientato in direzione del fattore produttivo più conveniente. Il fattore produttivo più conveniente può essere quello più abbondante nel sistema, con una produttività maggiore o con costo unitario minore.

L'innovazione tecnologica non è stata correttamente dal sistema se  $\ln BTC_t$  è minore di zero. In questo scenario, il cambiamento tecnologico è stato orientato in direzione del fattore produttivo meno conveniente.

In secondo luogo, è possibile analizzare la combinazione tra  $TFP$  e  $BTC$  facendo riferimento alle figure delineate da Schumpeter (1911).

L'inventore è colui che crea nuove tecnologie, prodotti o processi attraverso l'ideazione originale e la ricerca, concentrandosi principalmente sulla novità e sull'originalità, senza considerare le risorse del territorio in cui opera. Pertanto, un paese ricco di inventori tende ad avere una  $TFP$  elevata, ma un  $BTC$  relativamente basso.

L'innovatore, invece, è colui che prende invenzioni proprie o altrui e le trasforma in prodotti o servizi commerciabili. A differenza dell'inventore, il suo interesse principale è nell'applicazione pratica, nella commercializzazione e nel miglioramento continuo. Di conseguenza, un paese con molti innovatori presenta generalmente valori elevati sia di  $TFP$  che di  $BTC$ .

L'adattatore, invece, prende tecnologie, prodotti o processi esistenti e li modifica per adattarli a nuove condizioni, esigenze o mercati. Un paese ricco di adattatori tende ad avere una  $TFP$  bassa, ma un  $BTC$  alto.



Infine, l'imitatore riproduce tecnologie, prodotti o processi esistenti senza apportare modifiche significative o miglioramenti. Per questo motivo, un paese caratterizzato da molti imitatori mostra valori bassi sia di *TFP* che di *BTC*.

## **CAPITOLO 4: L'analisi empirica**

## 4.1 Il database

Il modello descritto nel paragrafo precedente è stato applicato alla versione 10.01 del database Penn World Table (PWT)<sup>1</sup>, che fornisce dati dettagliati su reddito, produzione, fattori produttivi ed elasticità per 183 paesi nel periodo dal 1950 al 2019. Le variabili selezionate per l'analisi includono: il PIL a prezzi correnti, misurato come somma degli output in milioni di dollari statunitensi ( $Y$ ); il numero di persone impiegate, anch'esso espresso in milioni ( $L$ ); lo stock di capitale a prezzi correnti sempre in milioni di dollari americani ( $K$ ); e infine l'elasticità del lavoro ( $1 - \alpha$ ). Successivamente, sono stati esclusi i paesi con dati incompleti, riducendo il campione a 127 nazioni, elencate nell'Appendice 1. L'analisi è stata poi limitata al periodo 1991-2019, poiché in precedenza l'elasticità del lavoro non veniva calcolata separatamente, ma considerata costante.

Con queste informazioni a disposizione, dalle equazioni (4) e (5) è possibile ricavare i costi unitari dei fattori al tempo  $t$ :

$$r_t = \frac{\alpha_t Y_t}{K_t}, \quad (10)$$

$$w_t = \frac{(1 - \alpha_t) Y_t}{L_t}. \quad (11)$$

Successivamente, sono state applicate le equazioni descritte nel paragrafo dedicato alla metodologia.

## 4.2 Le statistiche descrittive

Le Tabelle seguenti riportano le statistiche descrittive relative alle variabili necessarie all'applicazione del modello: prodotto ( $Y$ ), capitale ( $K$ ), lavoro ( $L$ ), elasticità del lavoro ( $1 - \alpha$ ); e dei logaritmi naturali dei valori di  $TFP$  e  $BTC$  risultanti dalle equazioni (6) e (9).

---

<sup>1</sup> Disponibile sul sito [www.ggd.net/pwt](http://www.ggd.net/pwt)

I valori riportati nella Tabella 1 provengono dall'analisi dei 127 paesi selezionati nel periodo 1991-2019. Il confronto tra i valori minimi, massimi e medi evidenzia la diversità economica tra le diverse aree geografiche analizzate. Questa eterogeneità è ulteriormente confermata dalle deviazioni standard, che indicano variazioni significative tra i paesi in termini di performance economica, dimostrando la presenza di notevoli differenze strutturali e produttive a livello globale.

*Tabella 1 - Statistiche descrittive globali*

	Numerosità	Media	Deviazione standard	Minimo	Massimo
$Y$	3.683	602.811,38	1.887.908,40	220,91	20.566.034
$L$	3.683	19,30	78,15	0,01	799,31
$K$	3.683	2.329.404,84	7.232.826,88	448,65	99.462.136
$1 - \alpha$	3.683	0,50	0,12	0,09	0,90
$\ln(TFP)$	3.683	4,58	1,43	-0,39	8,36
$\ln(BTC)$	3.683	0,26	0,80	-4,06	4,34

*Fonte: elaborazione database PWT 10.01*

Nella Tabella 2 vengono presentate le statistiche descrittive relative ai paesi europei. Si osserva che, in media, l'Europa mostra valori inferiori rispetto alla media globale per quanto riguarda il prodotto interno lordo ( $Y$ ), lo stock di capitale ( $K$ ) e il numero di lavoratori ( $L$ ). Tuttavia, le medie europee sono superiori per l'elasticità del lavoro ( $1 - \alpha$ ), il  $\ln(TFP)$  e il  $\ln(BTC)$ .

Anche le deviazioni standard confermano queste tendenze, risultando generalmente più basse rispetto alla Tabella 1, con l'eccezione di  $\ln(BTC)$ , che mostra una variabilità simile al contesto globale. Questo suggerisce una maggiore omogeneità tra i paesi europei in termini di prodotto, capitale, lavoro e produttività, ma una variabilità comparabile al resto del mondo per quanto riguarda l'effetto direzionato dell'innovazione tecnologica.

Analizzando i valori massimi e minimi, emerge che l'Europa detiene il massimo valore di  $\ln(BTC)$ , registrato in Macedonia del Nord. Tra il 1991 e il 2007, la Macedonia del Nord ha sperimentato una significativa riduzione nell'elasticità del lavoro (da 0,86 a 0,47) e un aumento della produzione (da 11.974,47 milioni a

21.316,04 milioni). Questo fenomeno indica che l'innovazione ha aumentato la produttività del capitale a scapito del lavoro, come dimostrato dal fatto che lo stock di capitale è cresciuto considerevolmente (da 36.686,46 milioni a 99.038,59 milioni), mentre il numero di lavoratori è diminuito (da 0,93 milioni a 0,63 milioni). Di conseguenza, l'effetto direzionato del cambiamento tecnologico è stato utilizzato in modo efficace, portando a una maggiore efficienza nell'impiego del capitale.

*Tabella 2 – Statistiche descrittive europee*

	Numerosità	Media	Deviazione standard	Minimo	Massimo
$Y$	1.015	496.245,05	793.987,37	3.389,22	4.274.167,50
$L$	1.015	7,20	9,59	0,13	44,80
$K$	1.015	2.220.547,02	3.732.798,06	8.860,37	19.606.062
$1 - \alpha$	1.015	0,58	0,07	0,32	0,86
$\ln(TFP)$	1.015	5,72	0,87	-2,89	8,03
$\ln(BTC)$	1.015	0,34	0,87	-2,27	4,34

*Fonte: elaborazione database PWT 10.01*

Esaminando le statistiche descrittive relative ai paesi africani nella Tabella 3, emerge che tutti i valori medi e le deviazioni standard sono inferiori rispetto a quelli riportati nella Tabella 1, ad eccezione della media di  $\ln(BTC)$  e della deviazione standard di  $1 - \alpha$ . Questi due valori risultano in linea con le medie globali, suggerendo che l'elasticità del lavoro in Africa segue una distribuzione simile a quella del resto del mondo e che l'effetto dell'innovazione tecnologica viene mediamente sfruttato in modo analogo ad altri continenti.

Inoltre, l'Africa presenta due dei valori più elevati a livello mondiale: l'elasticità del lavoro e  $\ln(TFP)$ . In particolare, la Nigeria e il Sudan hanno mostrato, rispettivamente nel 2006 e nel 1997, un'elasticità del lavoro estremamente elevata. Nel 2006, la Nigeria ha raggiunto un valore di  $\ln(TFP)$  pari a 8,36, il massimo a livello globale. Tuttavia, negli anni successivi, l'innovazione tecnologica ha comportato un aumento dell'elasticità del capitale, portando a una diminuzione di questo valore.

Tabella 3 – Statistiche descrittive africane

	Numerosità	Media	Deviazione standard	Minimo	Massimo
$Y$	870	91.739,69	191.739,38	808,06	1.212.398,38
$L$	870	6,87	9,54	0,11	73,02
$K$	870	274.821,91	584.614,11	1.491,03	4.243.349
$1 - \alpha$	870	0,49	0,13	0,16	0,90
$\ln(TFP)$	870	3,93	1,37	-0,39	8,36
$\ln(BTC)$	870	0,27	0,68	-3,97	2,70

Fonte: elaborazione database PWT 10.01

Per quanto riguarda l'Asia, la Tabella 4 rivela che i valori medi e le deviazioni standard sono generalmente superiori rispetto a quelli della Tabella 1. Questo potrebbe suggerire una maggiore eterogeneità tra i paesi del continente, con un livello di produttività generalmente più elevato rispetto ad altre regioni del mondo. Inoltre, si osserva che la media di  $\ln(BTC)$  in Asia è equivalente a quella dell'Africa.

L'Asia detiene i valori più elevati a livello mondiale per quanto riguarda il lavoro e il capitale, ma anche il valore minimo per l'elasticità del lavoro. I record massimi sono detenuti dalla Cina, rispettivamente nel 2018 e 2019, che, nonostante abbia la maggiore disponibilità di fattori produttivi a livello globale, non raggiunge il record di produzione più elevata, che spetta agli Stati Uniti. Al contrario, il valore minimo di elasticità del lavoro è registrato dall'Iraq nel 2000.

Tabella 4 – Statistiche descrittive asiatiche

	Numerosità	Media	Deviazione standard	Minimo	Massimo
$Y$	957	977.839,90	2.317.819,77	4.404,26	20.118.076
$L$	957	48,87	146,32	0,17	799,31
$K$	957	3.718.655,84	9.447.356,90	10.668,47	99.462.136
$1 - \alpha$	957	0,44	0,13	0,09	0,80
$\ln(TFP)$	957	3,90	1,41	-0,07	8,24
$\ln(BTC)$	957	0,27	0,78	-2,00	3,37

Fonte: elaborazione database PWT 10.01

Le Tabelle 5 e 6 forniscono un'analisi delle Americhe. In generale, i valori dell'America settentrionale sono superiori a quelli dell'America meridionale, ad eccezione delle deviazioni standard di  $\ln(TFP)$  e  $\ln(BTC)$ .

Esaminando la Tabella 5, si osserva che i valori dell'elasticità del lavoro nell'America settentrionale sono simili a quelli dell'Europa riportati nella Tabella 2. Inoltre, come già indicato nella Tabella 4, la produzione massima globale è attribuibile agli Stati Uniti nel 2019.

Passando alla Tabella 6, si nota che l'America meridionale registra numerosi record minimi. In particolare, i valori minimi per produzione, lavoro e capitale sono relativi alle Isole Vergini Britanniche nel 1991. Inoltre, il valore minimo di  $\ln(BTC)$  è registrato dall'Ecuador nel 2012. Questo paese ha visto un incremento dell'elasticità del lavoro e del capitale, ma l'aumento del capitale è stato maggiore rispetto a quello del lavoro, indicando che l'Ecuador non ha pienamente sfruttato il  $BTC$ .

*Tabella 5 – Statistiche descrittive dell'America settentrionale*

	Numerosità	Media	Deviazione standard	Minimo	Massimo
$Y$	87	5.592.126,65	7.207.457,04	1.961,32	20.566.034,00
$L$	87	52,07	63,22	0,02	158,30
$K$	87	20.062.329,22	25.341.997,90	3.470,10	69.059.488
$1 - \alpha$	87	0,58	0,08	0,47	0,74
$\ln(TFP)$	87	6,23	0,88	4,82	7,86
$\ln(BTC)$	87	0,28	0,49	-0,40	1,28

*Fonte: elaborazione database PWT 10.01*

*Tabella 6 – Statistiche descrittive dell'America meridionale*

	Numerosità	Media	Deviazione standard	Minimo	Massimo
$Y$	667	275.684,69	570.542,44	220,91	3.272.021,25
$L$	667	9,22	17,36	0,01	93,96
$K$	667	981.209,57	2.176.532,31	448,65	13.214.635,00
$1 - \alpha$	667	0,48	0,09	0,27	0,68
$\ln(TFP)$	667	4,35	0,98	0,84	7,33
$\ln(BTC)$	667	0,12	0,90	-4,06	3,45

*Fonte: elaborazione database PWT 10.01*

Infine, la Tabella 7 mostra che le statistiche descrittive per l'Oceania sono inferiori rispetto ai valori globali, ad eccezione delle medie dell'elasticità del lavoro, di  $\ln(TFP)$  e di  $\ln(BTC)$ . Questi valori suggeriscono che i paesi di questo continente sono stati particolarmente abili nello sfruttare il cambiamento tecnologico e il suo effetto direzionato. Inoltre, i valori minimi per l'Oceania sono generalmente più elevati rispetto a quelli degli altri continenti.

Nei paragrafi successivi, verranno esaminati i valori medi di  $\ln(TFP)$  e  $\ln(BTC)$  nelle diverse aree geografiche.

*Tabella 7 – Statistiche descrittive dell'Oceania*

	Numerosità	Media	Deviazione standard	Minimo	Massimo
$Y$	87	350.144,43	431.269,39	4.443,92	1.355.143,25
$L$	87	4,11	4,36	0,26	12,86
$K$	87	1.466.720,65	1.916.709,45	6.807,34	5.958.082,00
$1 - \alpha$	87	0,55	0,04	0,49	0,62
$\ln(TFP)$	87	5,55	0,58	4,43	6,34
$\ln(BTC)$	87	0,46	0,39	-0,01	1,21

*Fonte: elaborazione database PWT 10.01*

### 4.3 Le differenze regionali della TFP

In questo paragrafo verranno analizzate le differenze regionali della  $TFP$  nelle diverse aree del mondo. I valori considerati per ogni paese sono ottenuti come media annuale della  $TFP$ , espressa in termini di logaritmo naturale, per il periodo dal 1991 al 2019.

La Figura 1 illustra il valore medio di  $\ln(TFP)$  per tutti i paesi analizzati. Si osserva che le regioni dell'emisfero boreale, in particolare l'America settentrionale e l'Europa, sono rappresentate in tonalità di blu più scure rispetto a quelle dell'emisfero australe, come l'Africa e l'America meridionale, indicando medie di  $\ln(TFP)$  più elevate. Un'eccezione è l'Oceania, che, pur trovandosi nell'emisfero sud, mostra un colore blu intenso.

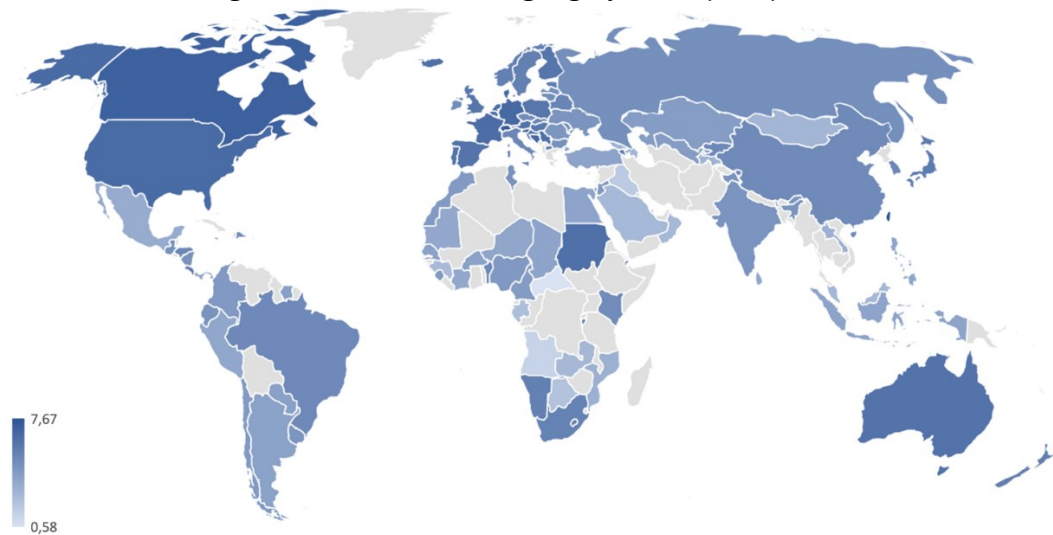


Taiwan registra il valore medio di  $\ln(TFP)$  più elevato, mentre il valore più basso è attribuito al Centrafrica. Entrambi i paesi hanno visto una diminuzione dell'elasticità del lavoro e un aumento sia del PIL che dei fattori produttivi impiegati nel periodo dal 1991 al 2019. Per ulteriori dettagli su queste misure, si riportano i dati nella Tabella 8. È evidente che le variabili osservate seguano una tendenza simile in entrambi i casi. La differenza più significativa riguarda il PIL: mentre a Taiwan è aumentato esponenzialmente, in Centrafrica l'incremento è stato più contenuto.

Analizzando l'evoluzione di  $\ln(TFP)$ , si nota una riduzione in entrambi i casi. Tuttavia, la diminuzione a Taiwan è circa un decimo di quella osservata in Centrafrica.

Nelle figure successive verranno mostrati i valori medi di  $\ln(TFP)$  per tutti i continenti.

*Figura 1 - Distribuzione geografica  $\ln(TFP)$  medio*



*Fonte: elaborazione database PWT 10.01*

Tabella 8 – Confronto valori Taiwan e Centrafrica 1991-2019

	1991		2019		Differenza	
	Taiwan	Centrafrica	Taiwan	Centrafrica	Taiwan	Centrafrica
$Y$	463.979,34	3.207,61	1.100.432,63	4.653,58	+137%	+45%
$L$	8,77	1,13	11,50	1,84	+31%	+63%
$K$	782.052,38	8.287,20	3.739.328,25	29.151,54	+378%	+252%
$1 - \alpha$	0,75	0,23	0,65	0,16	-13%	-29%
$\ln(TFP)$	7,98	1,11	7,04	-0,25	-12%	-122%

Fonte: elaborazione database PWT 10.01

Osservando il range di valori nella Figura 2, si nota che è significativamente più ristretto rispetto a quello della Figura 1. Il valore massimo è attribuito alla Svizzera, un paese con un'elevata elasticità del lavoro che è rimasta costante durante il periodo di studio. Il numero di lavoratori è aumentato del 29%, mentre l'impiego di capitale e la produzione sono cresciuti di oltre il doppio rispetto ai valori del 1991. Tuttavia, il  $\ln(TFP)$  è aumentato solo del 5%. La Svizzera è l'unico paese europeo con un valore medio di  $\ln(TFP)$  superiore a 7; escludendo questo dato, il range si restringerebbe a (4,39; 6,74).

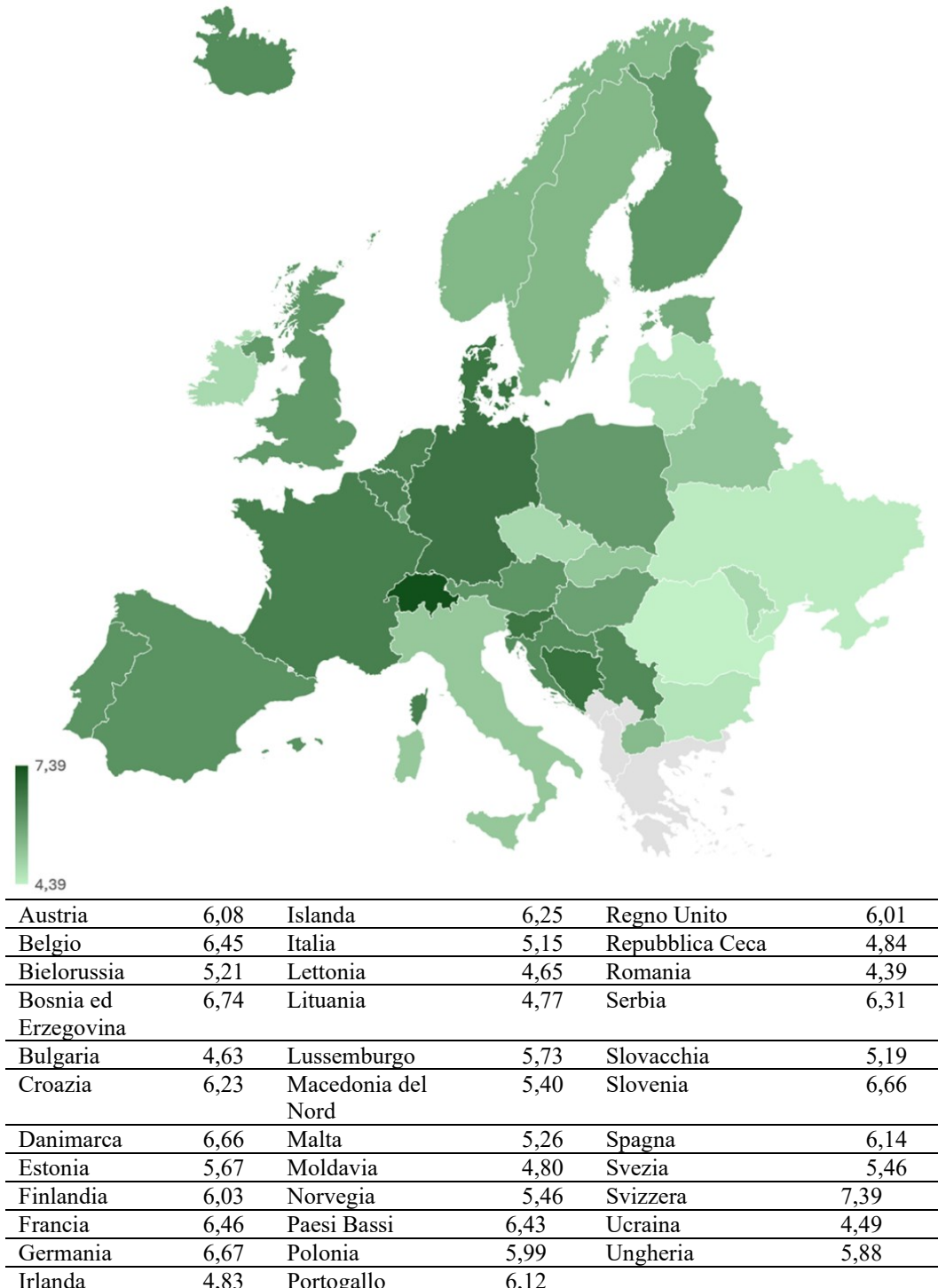
La maggior parte degli stati rappresentati nella Figura 2 ha un  $\ln(TFP)$  medio compreso tra 6 e 7, con quindici paesi su trentacinque rientranti in questo intervallo. Un'altra porzione significativa, undici paesi, ha un valore tra 5 e 6, mentre solo otto paesi mostrano un valore inferiore a 5. È chiaro che anche i paesi europei con il  $\ln(TFP)$  medio più basso superano la media globale.

Successivamente, la Figura 3 mostra i dati relativi all'Africa. Il range di valori del  $\ln(TFP)$  medio in Africa è più ampio rispetto a quello dell'Europa. Il paese con il valore più alto di  $\ln(TFP)$  è il Sudan, dove, nel periodo considerato, l'elasticità del lavoro è leggermente diminuita, ma resta superiore a quella del capitale. L'impiego di lavoratori è più che raddoppiato, quello del capitale è quasi quintuplicato e la produzione è quadruplicata. Nonostante ciò, il  $\ln(TFP)$  è diminuito del 15%.

Dall'altra parte dello spettro, i paesi africani con il valore più basso di  $\ln(TFP)$  sono il Centrafrica e l'Angola. In Angola, l'elasticità del lavoro è leggermente aumentata, ma rimane inferiore a quella del capitale. L'impiego di lavoratori è passato da 6,86 milioni a 16,61 milioni, mentre capitale e produzione sono cresciuti

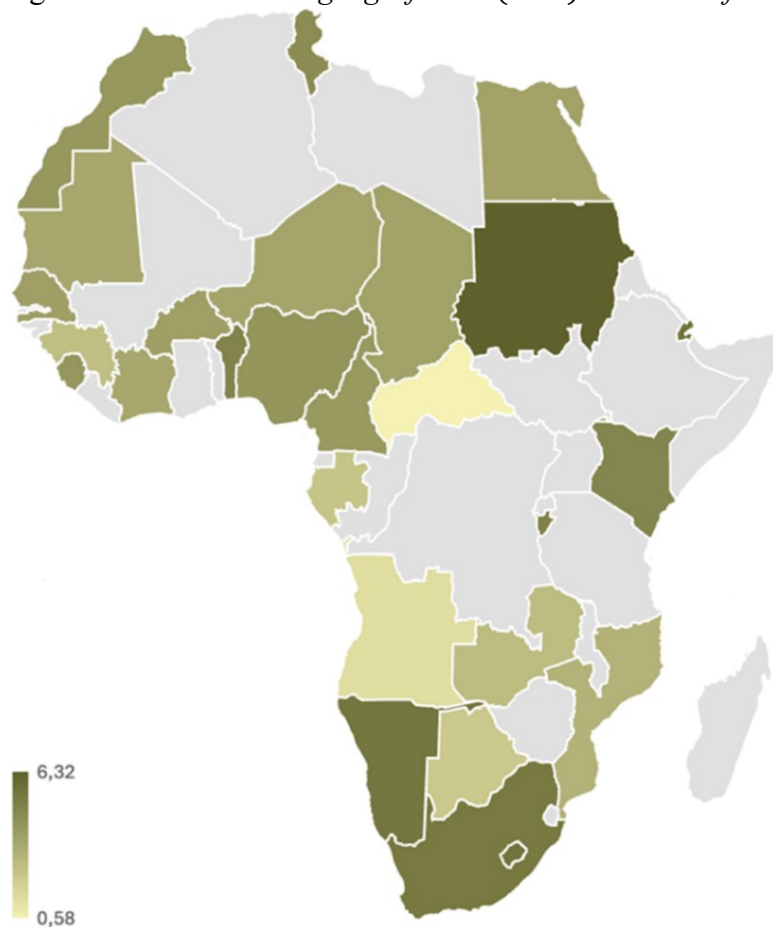
esponenzialmente, diventando oltre sei volte superiori ai valori del 1991. In questo caso, il  $\ln(TFP)$  è aumentato del 72%, sebbene rimanga vicino a 2.

Figura 2 - Distribuzione geografica  $\ln(TFP)$  medio in Europa



Fonte: elaborazione database PWT 10.01

Figura 3 - Distribuzione geografica  $\ln(TFP)$  medio in Africa



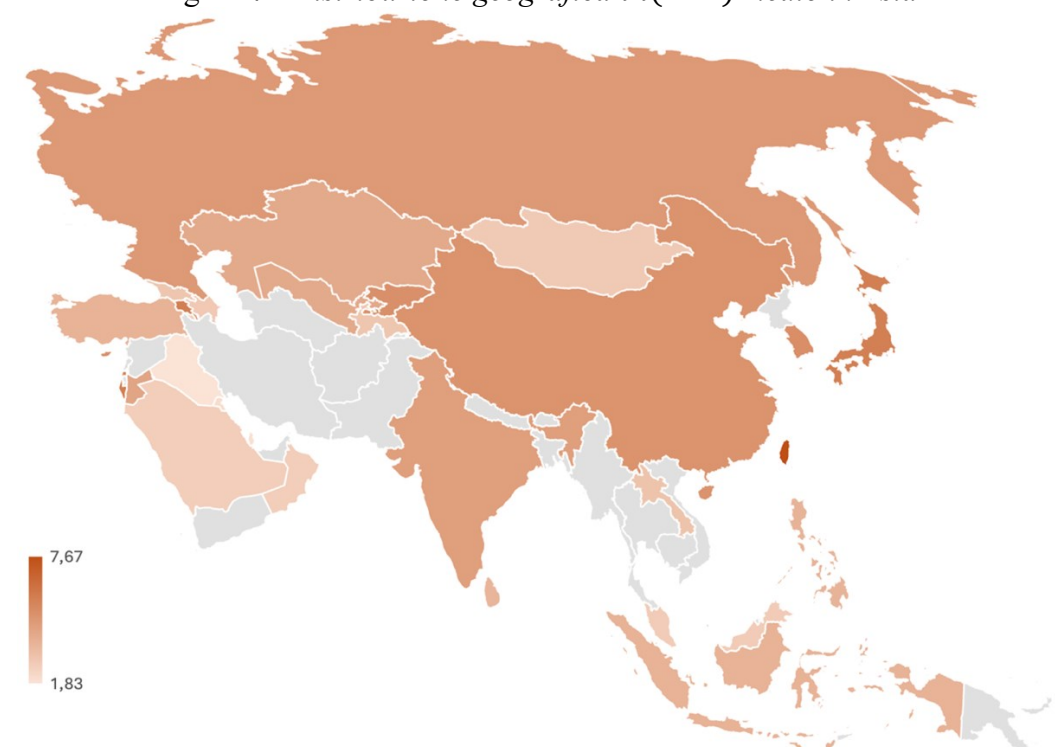
Angola	1,40	Djibouti	5,59	Namibia	5,47
Benin	4,95	Egitto	3,72	Niger	3,64
Botswana	2,20	Gabon	2,39	Nigeria	4,26
Burkina Faso	3,84	Guinea	2,59	Senegal	3,83
Burundi	5,05	Kenya	4,89	Sierra Leone	4,21
Camerun	4,10	Lesotho	5,57	Sudafrica	5,36
Capo Verde	4,93	Marocco	4,17	Sudan	6,32
Centrafrica	0,58	Mauritania	3,52	Tanzania	3,16
Chad	3,74	Mauritius	4,44	Tunisia	4,61
Costa d'Avorio	3,53	Mozambico	3,09	Zambia	2,72

Fonte: elaborazione database PWT 10.01

Escludendo i paesi africani con i valori estremi, il range di  $\ln(TFP)$  si ridurrebbe a (2,20; 5,59). Nello specifico, quattro paesi su trenta hanno un  $\ln(TFP)$  medio tra 2 e 3, nove paesi tra 3 e 4, altri nove tra 4 e 5, e cinque paesi tra 5 e 6. In generale, gli Stati africani sono distribuiti in modo equilibrato rispetto alla media globale.

Nella Figura 4 si osserva che l'Asia presenta un range di valori simile a quello dell'Africa mostrato nella Figura 3. L'unico paese con un  $\ln(TFP)$  medio superiore a 7 è Taiwan, già analizzato in precedenza. In Asia, solo due paesi hanno un  $\ln(TFP)$  medio inferiore a 2: Iraq e Qatar.

Figura 4 - Distribuzione geografica  $\ln(TFP)$  medio in Asia



Arabia Saudita	2,66	Hong Kong	5,04	Malesia	2,74
Armenia	5,72	India	4,51	Mongolia	2,81
Azerbaijan	2,85	Indonesia	3,73	Oman	2,67
Bahrain	2,68	Iran	2,44	Qatar	1,95
Cina	4,96	Iraq	1,83	Russia	4,75
Cipro	5,13	Israele	5,78	Singapore	4,26
Corea del Sud	5,15	Kazakhstan	4,08	Sri Lanka	3,59
Filippine	3,67	Kuwait	2,07	Tajikistan	2,98
Georgia	2,98	Kyrgyzstan	5,07	Turchia	3,74
Giappone	5,74	Laos	3,07	Taiwan	7,67
Giordania	4,29	Macao	3,99	Uzbekistan	4,07

Fonte: elaborazione database PWT 10.01

Nel caso dell'Iraq, l'elasticità del lavoro è raddoppiata e il numero di lavoratori è aumentato del 140%. L'impiego di capitale è quasi quintuplicato, mentre la produzione è cresciuta di dieci volte rispetto ai valori iniziali. Nonostante ciò, il  $\ln(TFP)$ , che era negativo nel 1991, è aumentato fino al 2012, per poi iniziare a diminuire.

Per quanto riguarda il Qatar, l'elasticità del lavoro è diminuita della metà, mentre il numero di lavoratori è aumentato di sette volte. L'impiego di capitale è esploso di sessanta volte e la produzione è aumentata di ventitré volte. Tuttavia, il  $\ln(TFP)$  è significativamente diminuito, passando da 3,07 nel 1991 a 0,75 nel 2019.

Escludendo i casi estremi, il range di valori di  $\ln(TFP)$  si riduce a (2,07; 5,78). Una decina di paesi ha un  $\ln(TFP)$  medio compreso tra 2 e 3, sei paesi tra 3 e 4, sette paesi tra 4 e 5, e altri sette tra 5 e 6. Rispetto alla media globale, tredici dei trentatré paesi asiatici analizzati presentano un  $\ln(TFP)$  medio superiore, suggerendo che la maggior parte dell'Asia ha un  $\ln(TFP)$  medio inferiore alla media globale

Nella Figura 5, che rappresenta l'America meridionale, si osserva che il range dei valori di  $\ln(TFP)$  è più ristretto rispetto a quello di Africa e Asia. Anche escludendo i due estremi, il range si restringe ulteriormente, diventando (3,31; 5,61).

Aruba è il paese sudamericano con il valore massimo di  $\ln(TFP)$ . In Aruba, l'elasticità del lavoro è rimasta costante durante il periodo considerato ed è stata sempre superiore a quella del capitale. L'impiego di lavoro è aumentato del 63% e quello di capitale è raddoppiato. Tuttavia, il PIL è cresciuto solo del 23% e il  $\ln(TFP)$  è diminuito del 5%.

Al contrario, il Venezuela ha il valore minimo di  $\ln(TFP)$ . Anche in questo caso, l'elasticità del lavoro è rimasta costante, ma è inferiore a quella del capitale. L'impiego di lavoro è aumentato del 75%, mentre il capitale è diminuito del 72%. Sia il PIL che il  $\ln(TFP)$  hanno subito una forte riduzione, rispettivamente del 96% e del 76%.

Analizzando la distribuzione dei valori, si nota che nove paesi hanno un  $\ln(TFP)$  medio compreso tra 3 e 4, sette paesi tra 4 e 5, e quattro paesi tra 5 e 6. Rispetto alla media globale, tredici dei ventitré paesi sudamericani analizzati hanno un  $\ln(TFP)$  medio superiore, indicando che la maggior parte degli Stati del continente presenta valori relativamente elevati di  $\ln(TFP)$ .

Infine, l'America settentrionale e l'Oceania sono accomunate dal fatto che comprendono solo tre paesi ciascuna. I range di valori per le due aree sono simili, con la Figura 6 che mostra valori leggermente superiori. Tutti e sei i paesi si collocano al di sopra della media globale; in particolare, il valore minimo è attribuito alle Isole Fiji in Oceania, mentre il valore massimo è del Canada in Nord America.

Figura 5 - Distribuzione geografica  $\ln(TFP)$  medio in America meridionale



Fonte: elaborazione database PWT 10.01

La Tabella 9 fornisce un dettaglio degli incrementi percentuali delle variabili utilizzate nel modello, oltre ai valori di  $\ln(TFP)$ . Si osserva che i paesi che hanno registrato una maggiore riduzione dell'elasticità del lavoro, come il Canada e le Isole Fiji, hanno anche sperimentato una diminuzione più marcata del  $\ln(TFP)$ . Inoltre, gli incrementi nell'impiego del capitale sono stati superiori rispetto a quelli del lavoro, il che è in linea con il comportamento dell'elasticità. Questo fenomeno

spiega anche l'aumento del PIL: i paesi che hanno incrementato significativamente il capitale produttivo hanno visto un miglioramento nella produttività complessiva.

Figura 6 - Distribuzione geografica  $\ln(TFP)$  medio in America settentrionale

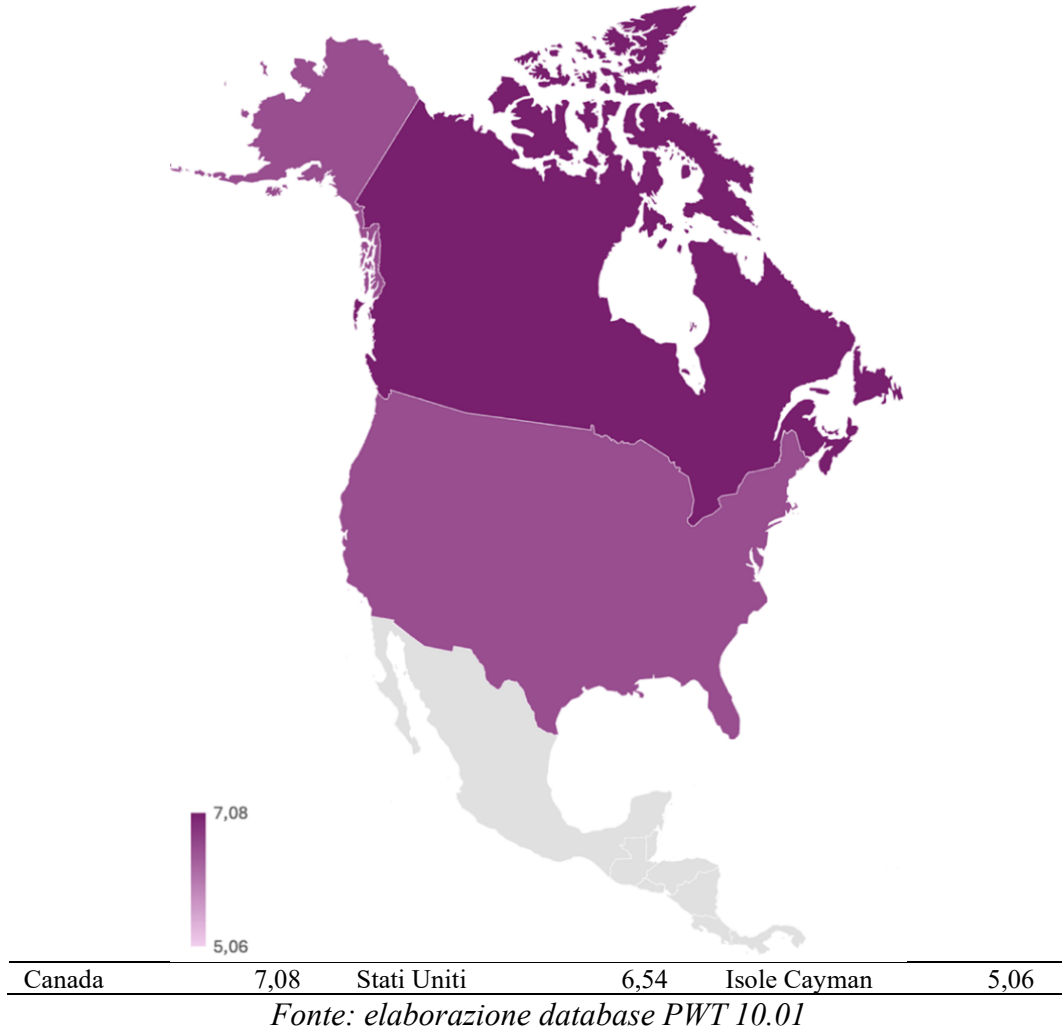




Figura 7 - Distribuzione geografica  $\ln(TFP)$  medio in Oceania

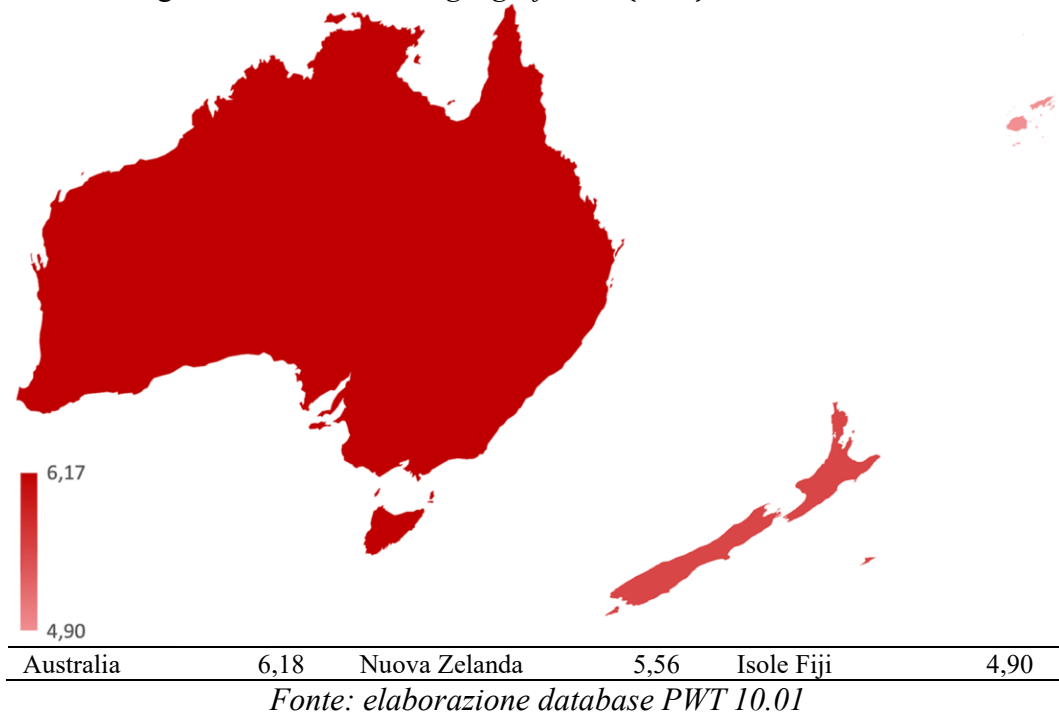


Tabella 9 – Confronto Stati Nord America e Oceania 1991-2019

	America settentrionale			Oceania		
	Canada	Stati Uniti	Isole Cayman	Australia	Nuova Zelanda	Isole Fiji
$Y$	+110%	+104%	+96%	+170%	+166%	+178%
$L$	+48%	+30%	+160%	+68%	+67%	+19%
$K$	+120%	+77%	+311%	+158%	+125%	+293%
$1 - \alpha$	-11%	-3%	+2%	-7%	-3%	-18%
$\ln(TFP)$	-10%	+1%	-8%	-5%	+2%	-15%

Fonte: elaborazione database PWT 10.01

#### 4.4 Le differenze regionali del BTC

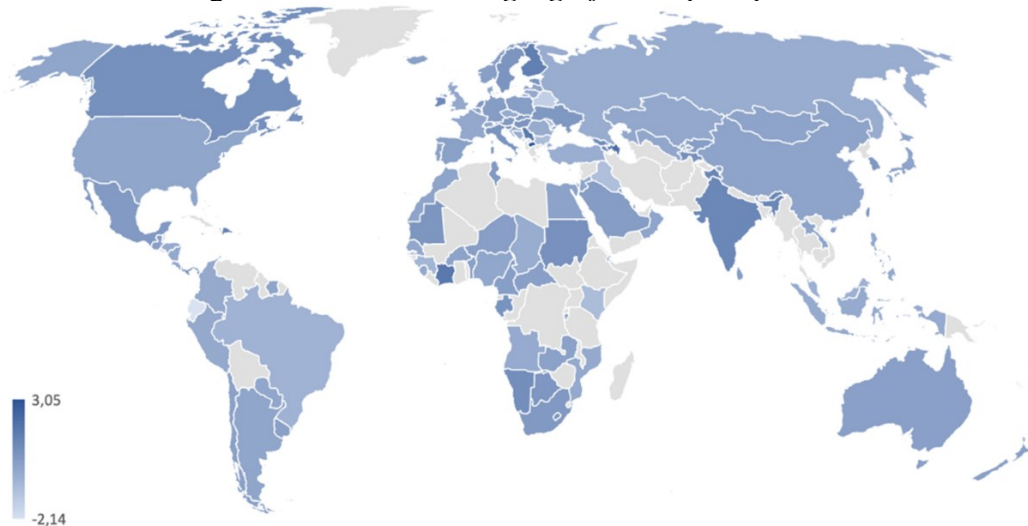
In questo paragrafo verrà esaminata la distribuzione del  $BTC$  nelle diverse aree del mondo. I valori per ciascun paese sono ottenuti utilizzando una metodologia analoga a quella descritta nel paragrafo precedente.

La Figura 8 mostra la distribuzione dei valori medi di  $\ln(BTC)$  su una mappa del mondo. Confrontandola con la Figura 1, si nota che i paesi che precedentemente erano rappresentati con tonalità di blu intenso ora appaiono più chiari, e viceversa.

In particolare, l'America settentrionale e l'Europa, che avevano valori elevati di  $\ln(TFP)$ , ora sono colorati di un blu più chiaro. Al contrario, l'Africa mostra molte aree più scure rispetto alla Figura 1. Anche l'Oceania e l'America meridionale sono visibilmente schiarite. Questo cambiamento visivo suggerisce che valori elevati di  $\ln(TFP)$  sono associati a valori medi più bassi di  $\ln(BTC)$ .

Inoltre, a differenza della Figura 1, la Figura 8 include valori negativi. Il valore minimo di -2,14 è attribuito all'Ecuador, mentre il massimo di 3,05 appartiene alla Macedonia del Nord. Questi due paesi hanno seguito percorsi evolutivi molto diversi dal 1991 al 2019. La Tabella 10 riassume gli incrementi e i decrementi delle variabili osservate.

Figura 8 – Distribuzione geografica  $\ln(BTC)$  medio



Fonte: elaborazione database PWT 10.01

Tabella 10 – Confronto valori Macedonia del Nord e Ecuador 1991-2019

	1991		2019		Differenza	
	Macedonia del Nord	Ecuador	Macedonia del Nord	Ecuador	Macedonia del Nord	Ecuador
$Y$	11.974,67	65.362,42	33.106,09	194.288,45	+176%	+197%
$L$	0,93	3,48	0,86	8,25	-7%	+137%
$K$	36.686,46	209.867,53	125.695,67	1.075.764,38	+243%	+413%
$1 - \alpha$	0,86	0,35	0,49	0,67	-43%	+91%

Fonte: elaborazione database PWT 10.01

Se si applicasse la formula (9) per calcolare il  $BTC_t$  all'anno base, il risultato sarebbe 1, il che implica che  $\ln(BTC)$  sarebbe pari a zero. I risultati per gli anni successivi sono riportati nella Tabella 11.

*Tabella 11 – Confronto  $\ln(BTC)$  Macedonia del Nord e Ecuador 1992-2019*

	1992		2019	
	Macedonia del Nord	Ecuador	Macedonia del Nord	Ecuador
$\ln(BTC)$	1,45	-0,06	4,10	-3,96

*Fonte: elaborazione database PWT 10.01*

Si osserva che la Macedonia del Nord ha mantenuto un trend positivo, mentre l'Ecuador ha seguito un trend negativo. Questo indica che la Macedonia del Nord è riuscita a sfruttare l'innovazione tecnologica, a differenza dell'Ecuador.

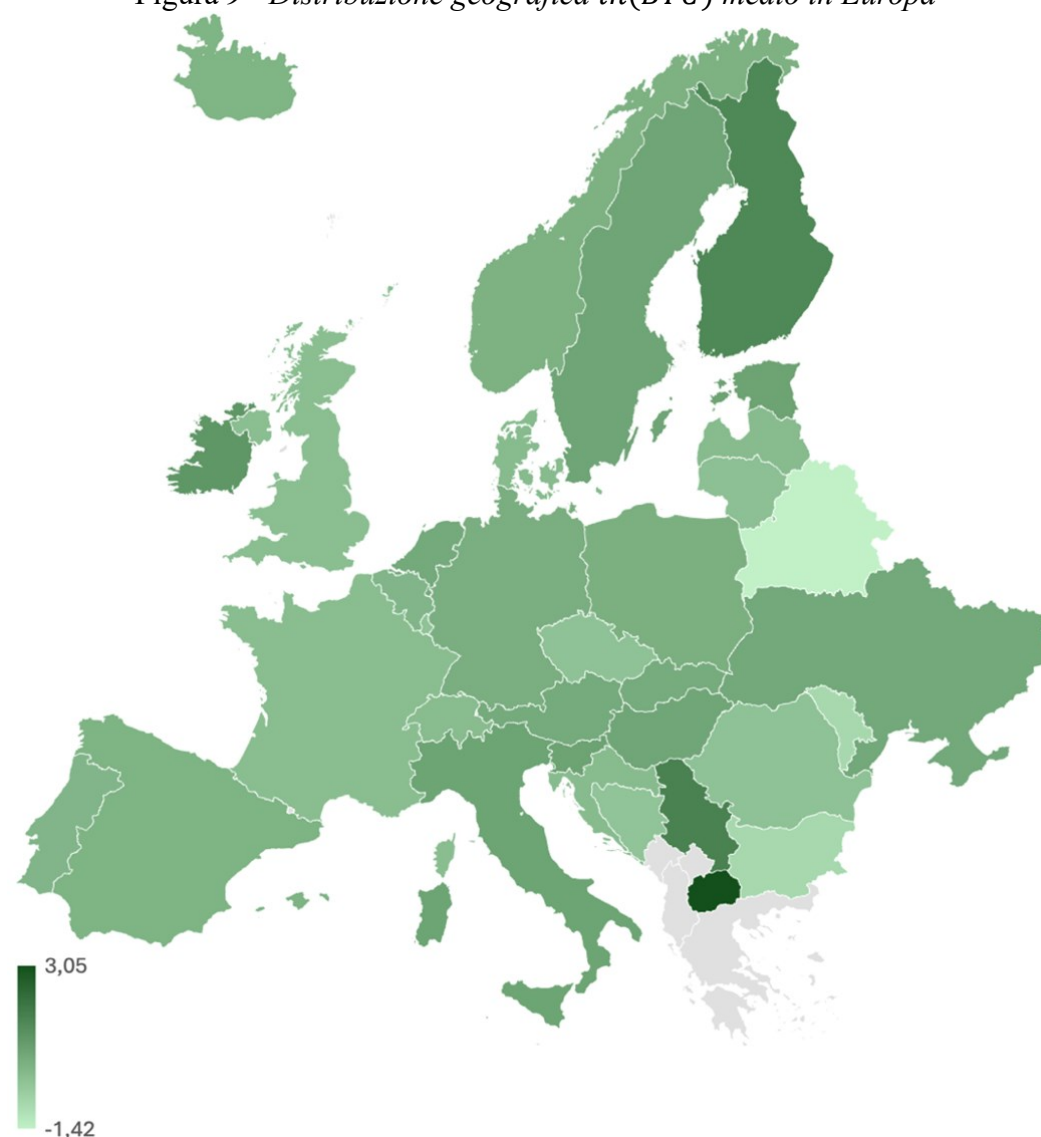
I valori di questi due paesi sono significativamente distanti rispetto a quelli registrati nel resto del mondo; escludendoli, il range si restringe a (-1,42; 2,13).

Come nel paragrafo precedente, le figure sottostanti mostrano i valori medi di  $\ln(BTC)$  per tutti i continenti.

La Figura 9 illustra la distribuzione del  $\ln(BTC)$  medio in Europa. Confrontandola con la Figura 2, si osserva un'inversione dei colori: i paesi che nella Figura 2 erano rappresentati con tonalità scure ora appaiono più chiari, e viceversa. Questo è particolarmente evidente per il Regno Unito, l'Irlanda, e le regioni dell'Europa centrale e orientale.

In Europa si trova sia il paese con il valore massimo globale di  $\ln(BTC)$ , precedentemente analizzato, sia il secondo valore minimo a livello mondiale, appartenente alla Bielorussia. L'evoluzione della Bielorussia ha visto un aumento dell'elasticità del lavoro del 37%, ma una riduzione dell'impiego di capitale e lavoro di circa il 15%. Nonostante l'indicatore  $\ln(BTC)$  suggerisca che l'innovazione non sia stata sfruttata adeguatamente, la produzione è aumentata del 55%.

Figura 9 - Distribuzione geografica  $\ln(BTC)$  medio in Europa



Austria	0,53	Islanda	0,26	Regno Unito	-0,02
Belgio	0,21	Italia	0,70	Repubblica Ceca	-0,12
Bielorussia	-1,42	Lettonia	0,06	Romania	-0,12
Bosnia ed Erzegovina	-0,17	Lituania	-0,07	Serbia	1,64
Bulgaria	-0,73	Lussemburgo	-0,14	Slovacchia	0,51
Croazia	0,07	Macedonia del Nord	3,05	Slovenia	0,75
Danimarca	0,06	Malta	0,09	Spagna	0,29
Estonia	0,73	Moldavia	-0,75	Svezia	0,68
Finlandia	1,47	Norvegia	0,33	Svizzera	0,04
Francia	0,00	Paesi Bassi	0,54	Ucraina	0,58
Germania	0,41	Polonia	0,38	Ungheria	0,66
Irlanda	1,08	Portogallo	0,22		

Fonte: elaborazione database PWT 10.01

Anche in Europa, se si escludono i valori estremi, il range di  $\ln(BTC)$  si restringe a (-0,75; 1,64). Nello specifico, nove paesi hanno un  $\ln(BTC)$  medio negativo, di

cui solo la Bielorussia è inferiore a -1. Ventidue paesi hanno valori compresi tra 0 e 1, mentre quattro paesi registrano valori medi positivi superiori. Considerando che il valore medio del range mostrato nella Figura 8 è 0,26, la maggior parte dei paesi europei presenta valori di  $\ln(BTC)$  superiori alla media globale.

Dal confronto tra le Figure 3 e 10 si osserva un'inversione dei colori: gli stati che prima erano rappresentati con tonalità più chiare appaiono ora più scuri e viceversa. Il range dei valori di  $\ln(BTC)$  medio è significativamente ridotto; il valore massimo è attribuito alla Costa d'Avorio, mentre il valore minimo al Kenya.

L'analisi di questi due paesi mostra che, sebbene le variabili abbiano seguito tendenze simili, l'elasticità del lavoro è stata diversa. In Kenya, la produttività del lavoro è aumentata del 31%, l'impiego di lavoro è cresciuto del 167%, l'impiego di capitale è quasi quintuplicato e la produzione è quadruplicata. Al contrario, in Costa d'Avorio, la produttività del lavoro è diminuita del 45%, mentre l'impiego di lavoro è aumentato dell'87%. L'impiego di capitale è quasi quadruplicato e la produzione è quadruplicata.

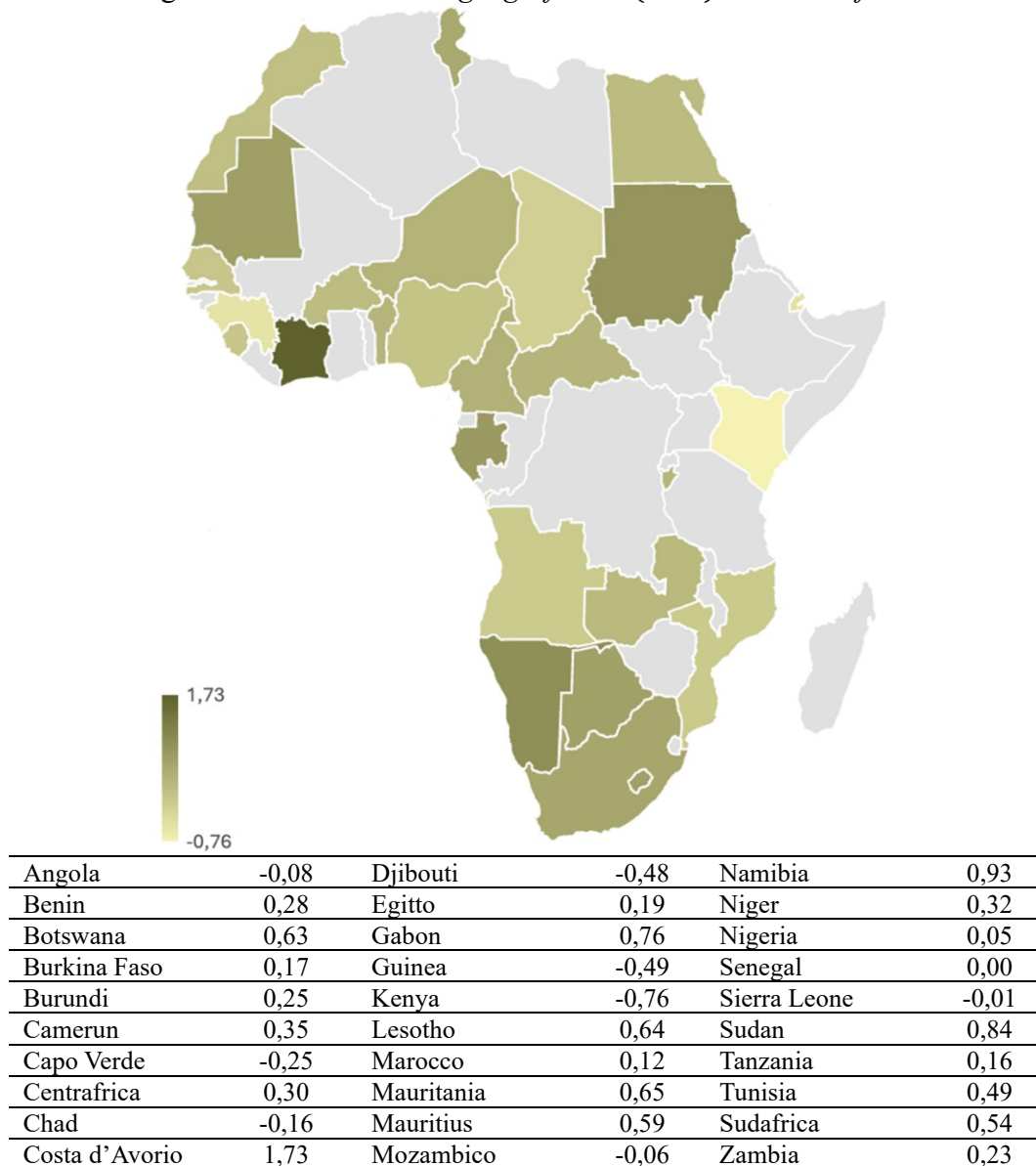
In Africa, nove paesi presentano un  $\ln(BTC)$  medio negativo e venti paesi hanno valori compresi tra 0 e 1. Solo la Costa d'Avorio supera il valore di 1. Inoltre, quattordici paesi africani su trenta hanno un  $\ln(BTC)$  superiore alla media globale di 0,26.

Esaminando la mappa dell'Asia, si osserva un cambiamento significativo nei colori associati al  $\ln(BTC)$  medio rispetto a quelli del  $\ln(TFP)$  medio. Nella Figura 11, la maggior parte dei paesi è rappresentata con tonalità di arancione chiaro, con l'India e l'Azerbaijan che spiccano. L'Azerbaijan, in particolare, ha il valore medio di  $\ln(BTC)$  più alto del continente asiatico. Durante il periodo considerato, l'elasticità del lavoro in Azerbaijan è diminuita del 55%, l'impiego di lavoro è aumentato del 28%, l'impiego di capitale è cresciuto del 145% e la produzione è salita del 49%.

D'altro canto, l'Iraq ha registrato il valore medio di  $\ln(BTC)$  più basso. In Iraq, l'elasticità del lavoro è aumentata del 96% e l'impiego di lavoro del 144%. L'impiego di capitale è aumentato di cinque volte e la produzione si è moltiplicata

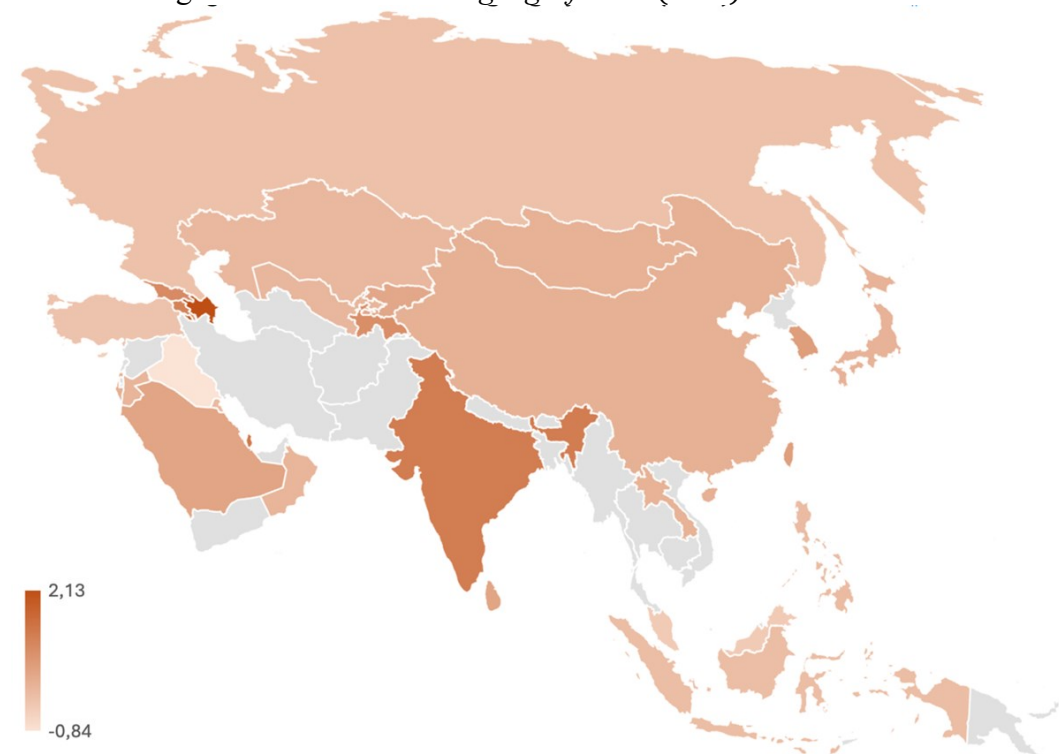
di undici volte. Nonostante questi incrementi significativi, l'Iraq non ha sfruttato efficacemente l'innovazione tecnologica, come dimostra la differenza nel tasso di crescita dei due fattori produttivi. È la prima volta che un paese detiene il record minimo sia per  $\ln(BTC)$  medio che per  $\ln(TFP)$  medio.

Figura 10 - Distribuzione geografica  $\ln(BTC)$  medio in Africa



Fonte: elaborazione database PWT 10.01

Figura 11 - Distribuzione geografica  $\ln(BTC)$  medio in Asia



Arabia Saudita	0,41	Hong Kong	-0,31	Malesia	-0,37
Armenia	1,07	India	1,20	Mongolia	0,14
Azerbaijan	2,13	Indonesia	-0,09	Oman	0,07
Bahrain	0,67	Iran	0,26	Qatar	1,29
Cina	0,16	Iraq	-0,84	Russia	-0,17
Cipro	-0,46	Israele	0,20	Singapore	-0,07
Corea del Sud	0,54	Kazakhstan	0,02	Sri Lanka	0,40
Filippine	-0,05	Kuwait	-0,02	Tajikistan	0,84
Georgia	0,92	Kyrgyzstan	0,35	Turchia	-0,20
Giappone	0,12	Laos	0,13	Taiwan	0,51
Giordania	0,05	Macao	0,02	Uzbekistan	0,04

Fonte: elaborazione database PWT 10.01

Analogamente all'Europa, se si escludessero i valori estremi, il range di  $\ln(BTC)$  si restringerebbe a (-0,46; 1,29). In dettaglio, dieci paesi asiatici hanno un  $\ln(BTC)$  medio negativo, nove paesi hanno valori compresi tra 0 e 1, e quattro paesi superano il valore di 1. Solo tredici paesi asiatici su trentatré presentano un  $\ln(BTC)$  superiore alla media globale di 0,26.

L'America meridionale segue la stessa tendenza di inversione dei colori osservata in altri continenti. Nella Figura 5, Aruba, Costa Rica e Brasile sono rappresentati con tonalità di blu intenso; tuttavia, nella Figura 12, questi paesi appaiono più chiari rispetto ad altri.

Nel continente sudamericano, Trinidad e Tobago detiene il valore medio di  $\ln(BTC)$  più elevato. Durante il periodo analizzato, in Trinidad e Tobago l'elasticità del lavoro è diminuita del 41%, mentre l'impiego di lavoro è aumentato del 53%. L'uso del capitale è cresciuto del 160% e la produzione è triplicata. Al contrario, l'Ecuador ha il valore medio di  $\ln(BTC)$  più basso, come sintetizzato nella Tabella 9.

Figura 12 - Distribuzione geografica  $\ln(BTC)$  medio in America meridionale



Fonte: elaborazione database PWT 10.01

Come nel caso dell'Europa e dell'Asia, se si escludono i valori estremi, il range di  $\ln(BTC)$  si restringe a (-0,79; 1,33). In dettaglio, otto paesi sudamericani hanno un



$\ln(BTC)$  medio negativo, di cui solo l'Ecuador è inferiore a -1. Tredici paesi hanno valori compresi tra 0 e 1, mentre solo due paesi superano il valore di 1. Infine, solo sei paesi superano la media globale di 0,26.

Per completare l'analisi geografica del  $\ln(BTC)$  medio, consideriamo l'America settentrionale e l'Oceania.

Confrontando le Figure 6 e 13, si nota che, in entrambe le aree, il Canada presenta valori di  $\ln(BTC)$  medio più scuri rispetto agli Stati Uniti. Inoltre, l'America settentrionale è l'unica regione in cui l'ordine crescente di  $\ln(TFP)$  medio e  $\ln(BTC)$  medio coincide perfettamente. Al contrario, in Oceania, Australia e Nuova Zelanda mostrano un  $\ln(BTC)$  medio inferiore rispetto alle Isole Fiji, il che è in contrasto con i valori di  $\ln(TFP)$  medio rappresentati nella Figura 7.

Infine, è importante notare che solo le Isole Cayman registrano un  $\ln(BTC)$  medio negativo e, insieme agli Stati Uniti, risultano al di sotto della media globale di 0,26.

Figura 13 - Distribuzione geografica  $\ln(\text{BTC})$  medio in America settentrionale

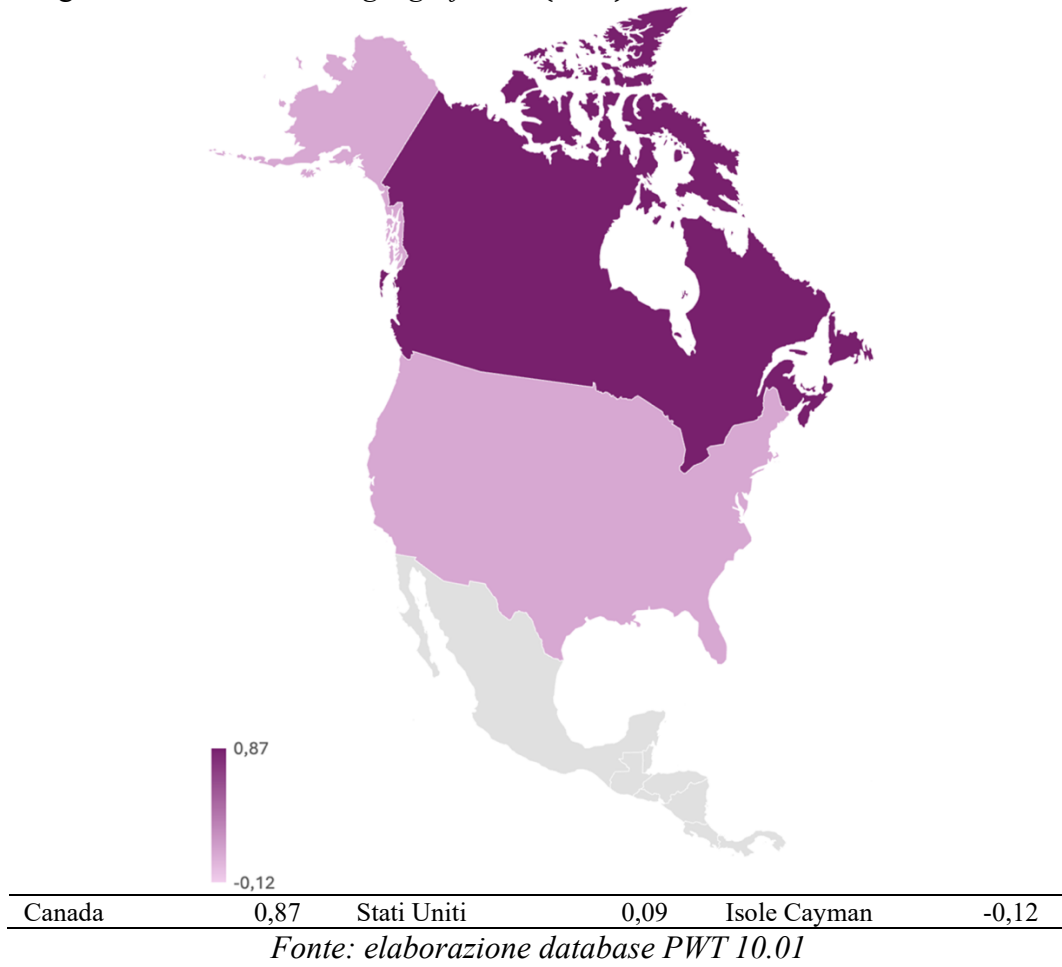
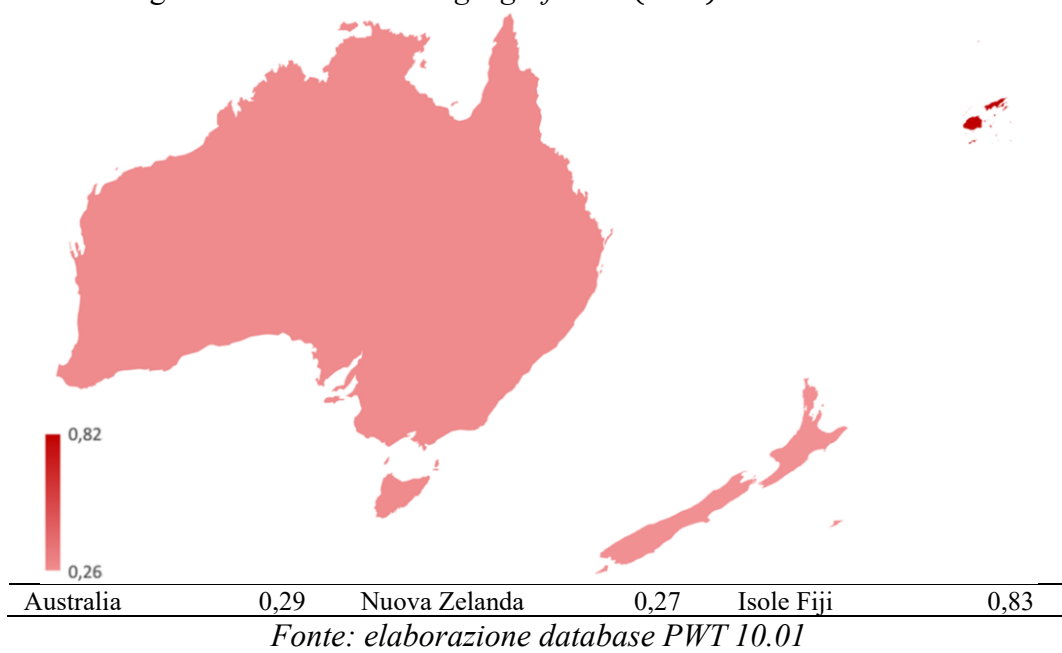


Figura 14 - Distribuzione geografica  $\ln(\text{BTC})$  medio in Oceania



#### 4.5 L'evoluzione temporale della TFP e del BTC

Dalle Figure 15 e 16, è evidente che *TFP* e *BTC* mostrano evoluzioni temporali distinte. La *TFP* segue un andamento più lineare, mentre il *BTC* presenta fluttuazioni più irregolari.

Analizzando la *TFP*, si osserva che le regioni con valori sopra la media sono l'America settentrionale, seguita da Europa e Oceania. Al contrario, Sud America, Africa e Asia si trovano sotto la media, in linea con quanto rappresentato nella Figura 1.

Per quanto riguarda il *BTC*, le linee mostrano numerose intersezioni, ma è evidente che l'Oceania mantiene valori superiori alla media, mentre il Sud America è costantemente al di sotto. La Figura 15 indica che, se la *TFP* misura il livello di innovazione, allora l'America settentrionale ha sperimentato una maggiore innovazione rispetto al resto del mondo. Alcuni continenti, come Oceania e Asia, seguono tendenze simili, anche se a livelli diversi.

Nella Figura 15, si osserva che l'America meridionale è il continente più vicino alla media, sia per i valori che per l'andamento quasi parallelo. Africa e Asia sono più vicine alla media rispetto all'America settentrionale, Oceania ed Europa, suggerendo che la maggior parte del mondo ha un livello di innovazione inferiore alla media globale.

Passando alla Figura 16, si nota che il *BTC* presenta anche valori negativi, cosa che non accade per la *TFP*. Durante gli anni Novanta, tutti i continenti hanno registrato valori negativi di  $\ln(BTC)$ , ad eccezione dell'Oceania, indicando che l'innovazione era mal direzionata in quel periodo.

Analizzando i dati relativi ai vari continenti, emergono diverse tendenze.

Partendo dall'Oceania, si osserva una crescita costante fino al 1995, seguita da una fase di diminuzione che si protrae fino al 1998. Tuttavia, a partire da quell'anno, l'andamento riprende una traiettoria tendenzialmente crescente, mostrando un recupero.

In Europa, la curva è caratterizzata da una crescita continua fino al 2015, con una battuta d'arresto rappresentata da un picco negativo nel 2009. Dopo il 2015, però, la tendenza si inverte, registrando un declino.

L'America settentrionale presenta una partenza negativa, ma mostra una correzione fino al 2005. Dopo questo periodo si assiste a una nuova fase di declino, interrotta solo nel 2015, anno a partire dal quale si verifica una ripresa.

L'Asia, invece, mostra un andamento costante fino al 1994, seguito da una fase irregolare fino al 1998. Da quel momento, si osserva una forte crescita che raggiunge il suo apice nel 2006. Tuttavia, nel 2009 si registra un minimo, e dal 2010 in poi si evidenzia una tendenza negativa.

L'Africa presenta un inizio caratterizzato da valori negativi, ma riesce a crescere fino al 2007. Successivamente, anche in questo caso, la tendenza si inverte, segnando una fase di declino.

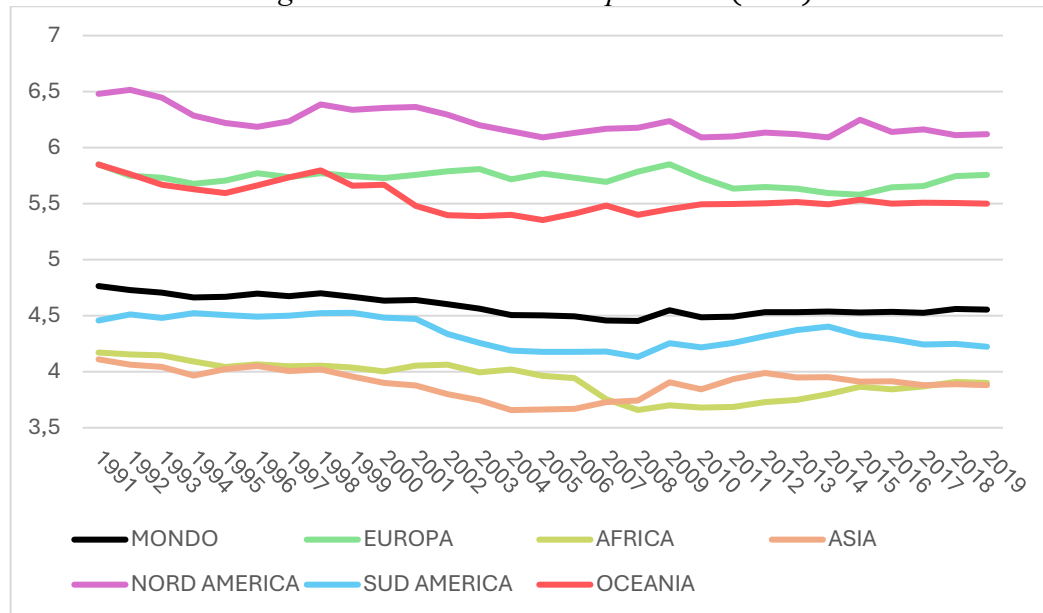
Infine, l'America meridionale si mantiene su valori vicini allo zero fino al 2001, per poi registrare una crescita fino al 2008. Da quell'anno in avanti, tuttavia, si torna a una fase di tendenza negativa.

In sintesi, ogni continente ha seguito percorsi diversi, con fasi di crescita e declino che evidenziano la variabilità delle dinamiche a livello globale. Confrontando queste linee con la media, si osserva che negli anni Novanta la distribuzione era simile a quella del  $\ln(TFP)$ , con l'America settentrionale che superava la media. Nei primi anni Duemila, Oceania e Asia erano sopra la media, mentre America meridionale e Africa erano sotto, con America settentrionale ed Europa vicine alla media. Dal 2008, la distribuzione diventa più equa: Oceania, Africa e Asia sono sopra la media, mentre Europa e Americhe sono sotto. Dal 2011, l'Europa supera la media, l'Asia rimane vicina e l'America meridionale è inferiore.

Complessivamente, negli anni Novanta, Americhe, Asia e Africa hanno indirizzato l'innovazione verso fattori produttivi meno efficienti, ottenendo risultati negativi in termini di  $\ln(BTC)$ . Nei primi anni Duemila, si notano andamenti altalenanti, senza mai raggiungere il valore zero, suggerendo che la tecnologia è stata indirizzata a

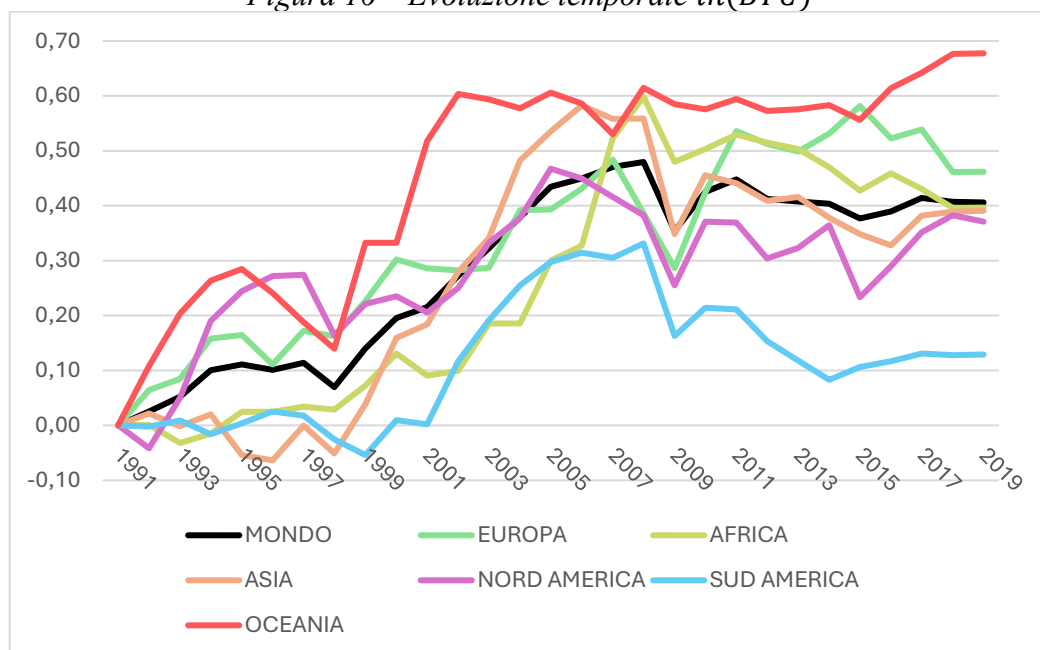
migliorare la produttività, ma non sempre in modo ottimale, poiché le curve non seguono una tendenza costantemente positiva.

Figura 15 – Evoluzione temporale  $\ln(TFP)$



Fonte: elaborazione database PWT 10.01

Figura 16 – Evoluzione temporale  $\ln(BTC)$



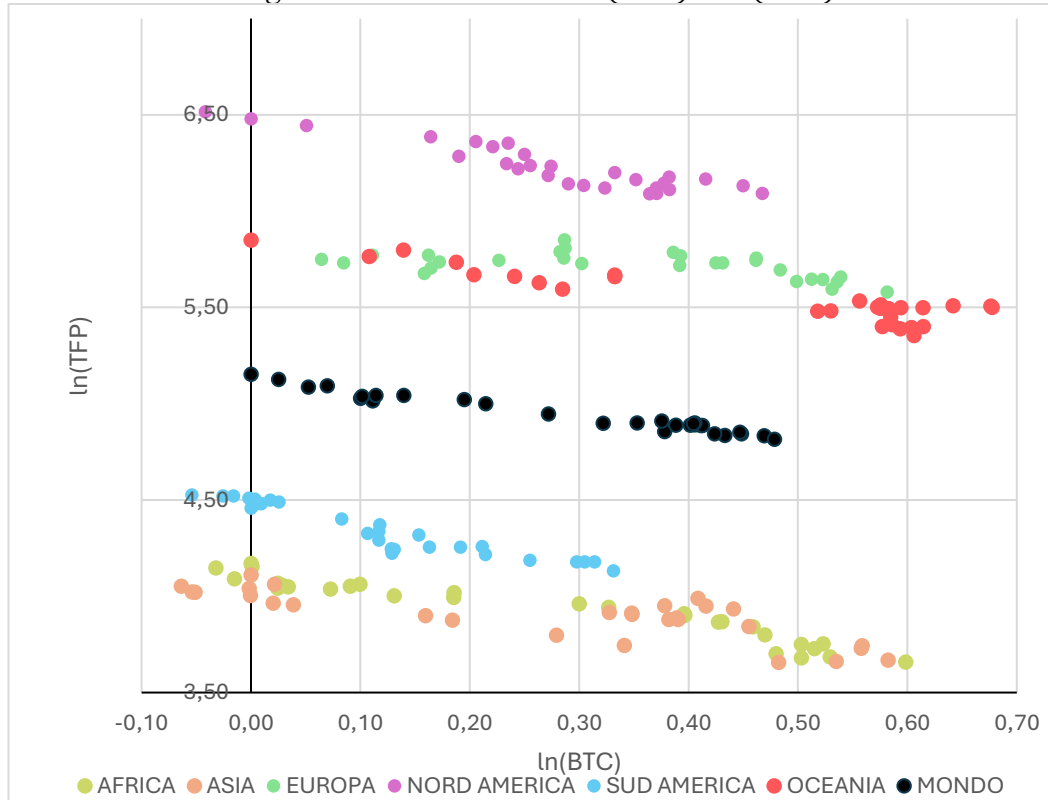
Fonte: elaborazione database PWT 10.01

## 4.6 La correlazione tra la TFP e il BTC

La Figura 17 è dedicata alla correlazione tra  $TFP$  e  $BTC$ . È possibile notare che le nuvole di punti di ciascun continente hanno una tendenza negativa, questo significa che all'aumentare di una grandezza, l'altra diminuisce. Si può anche evidenziare che, ogni area del mondo presenta una pendenza differente.

In seguito, è possibile notare che gli unici continenti a non occupare la parte negativa del grafico sono Europa ed Oceania, la quale detiene il valore di  $\ln(BTC)$  maggiore. Al contrario, i continenti con una densità di punti negativi maggiore sono America meridionale, Africa e Asia; i quali detengono anche i valori minori di  $\ln(TFP)$ . Per quanto riguarda l'America settentrionale, essa presenta un solo punto con  $\ln(BTC)$  negativo e un'estensione orizzontale nettamente minore rispetto alle altre aree del mondo, ma molto simile alla media globale. A presentare invece un'ampiezza orizzontale maggiore sono Oceania, Africa e Asia.

Figura 17 – Correlazione  $\ln(TFP)$  e  $\ln(BTC)$



Fonte: elaborazione database PWT 10.01

La Figura 18 è dedicata all'identificazione delle principali figure presenti in ciascun continente, basata su un confronto con la media globale. Questo giudizio è reso possibile attraverso il confronto delle coordinate dei punti, che rappresentano la media complessiva dei valori di  $\ln(TFP)$  e  $\ln(BTC)$  per ogni anno in ciascun paese.

Ricapitolando le definizioni di  $TFP$  e  $BTC$ , si può affermare che la  $TFP$  risulta positiva quando l'innovazione contribuisce ad aumentare la produzione, mentre il  $BTC$  è positivo quando l'innovazione sfrutta al meglio il fattore produttivo più conveniente. Per comprendere la ragione della loro correlazione negativa, è utile seguire il ragionamento che segue.

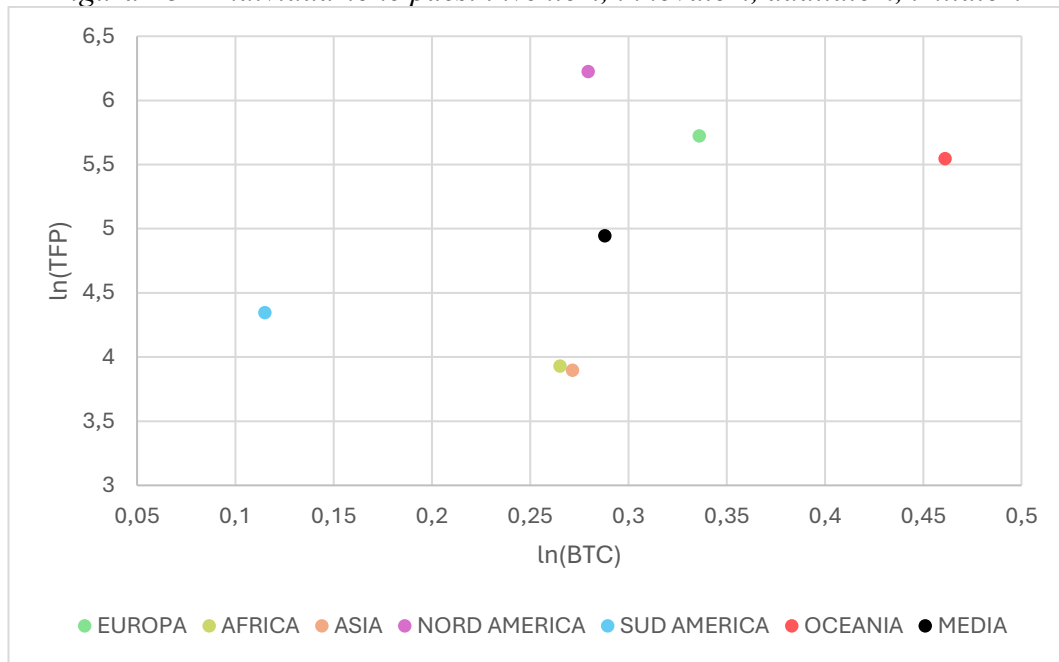
Nel paragrafo dedicato alla misurazione del livello e della direzione dell'innovazione, si è evidenziata la correlazione tra  $TFP$ ,  $BTC$  e le diverse figure di inventore, innovatore, adattatore e imitatore. In sintesi: un paese con alta  $TFP$  e alta  $BTC$  ha una forte presenza di innovatori; un paese con alta  $TFP$  e bassa  $BTC$  è caratterizzato da una forte presenza di inventori; un paese con bassa  $TFP$  e alta  $BTC$  ha una predominanza di adattatori; un paese con bassa  $TFP$  e bassa  $BTC$  è dominato da imitatori.

Per categorizzare i continenti in una di queste figure, è necessario svolgere il confronto con la media mondiale. Se disegnassimo degli assi che passano per questo punto, infatti, otterremmo i quattro quadranti corrispondenti alle quattro figure. È bene specificare che, il fatto che un continente sia nel "quadrante imitatore" non significa che tutti i paesi di quel continente siano così né che nel tempo non ci sia stata un'evoluzione. In altre parole, in media il continente X è più imitatore della media mondiale.

Dall'analisi della Figura 18 emerge che il Nord America è prevalentemente un continente di inventori rispetto alla media, mentre l'Oceania è relativamente ricca di innovatori, l'Europa si colloca nel mezzo. Il Sud America, invece, si colloca nel "quadrante imitatori", ma rispetto ad Africa e Asia ha un  $\ln(BTC)$  minore positivo. Si può quindi dire che, il Sud America è molto meno adattatore degli altri due continenti. Si può anche notare che Asia, Africa e America settentrionale presentano valori di  $\ln(BTC)$  molto vicini tra loro.

Questo fenomeno può essere spiegato anche in termini economici: i paesi sviluppati tendono ad avere eccellenti inventori ma relativamente pochi innovatori, mentre nei paesi meno sviluppati prevalgono gli imitatori, con una carenza di adattatori. Ciò accade perché la principale difficoltà nel processo di cambiamento tecnologico risiede nell'integrazione di innovazioni che siano perfettamente coerenti con la dotazione fattoriale di ciascun paese.

*Figura 18 – Individuazione paesi inventori, innovatori, adattatori, imitatori*



*Fonte: elaborazione database PWT 10.01*



## **CAPITOLO 5: Conclusioni**

Questa tesi ha esplorato il concetto di innovazione, definendola come l'applicazione pratica e commerciale di un'invenzione, che richiede fasi di sperimentazione e il superamento di ostacoli economici e sociali. L'innovazione comprende anche cambiamenti di natura organizzativa e gestionale. A partire dagli studi di Schumpeter (1911, 1954), sono state distinte le figure dell'innovatore, dell'inventore, dell'adattatore e dell'imitatore. L'inventore è colui che crea nuove tecnologie o processi attraverso idee originali e ricerca, puntando sulla novità e la creatività, con la possibilità di stimolare nuovi settori economici e opportunità occupazionali. L'innovatore, invece, si concentra sulla trasformazione delle invenzioni in prodotti o servizi commercializzabili, puntando sull'applicazione pratica e sul miglioramento continuo. L'adattatore prende tecnologie esistenti e le modifica per rispondere a nuove esigenze, ottimizzando l'efficienza. L'imitatore, infine, riproduce tecnologie esistenti senza significative modifiche, riducendo i costi e i rischi, ma potenzialmente frenando l'incentivo all'innovazione.

Successivamente, come rilevato da David (1975), è emersa l'importanza di misurare il livello di innovazione. La *TFP* rappresenta uno strumento per valutare il progresso tecnologico di un sistema economico. Esaminando il rapporto tra PIL e la combinazione dei fattori produttivi, senza considerare il contributo della tecnologia, si può stimare quanto output sia stato generato grazie ai progressi tecnologici, anziché solo dall'intensificazione dell'uso dei fattori produttivi. Antonelli e Barbiellini Amidei (1995, 2007) sottolineano che la crescita della *TFP* è fondamentale per sostenere lo sviluppo economico a lungo termine, poiché riflette l'efficienza complessiva con cui un'economia utilizza le proprie risorse.

Abramovitz e David (2001) hanno poi introdotto il concetto di "congruenza tecnologica", ponendo l'accento sull'adeguatezza di una tecnologia rispetto al contesto economico e sociale in cui viene applicata. Allo stesso modo, Basu e Weil (1998) hanno parlato di "tecnologia appropriata", sostenendo che la tecnologia ideale per un paese non è necessariamente la più avanzata, ma quella che meglio si adatta alle sue specifiche condizioni. Da queste riflessioni nasce il concetto di *BTC*, che misura la direzione del progresso tecnologico. L'innovazione può infatti essere orientata a migliorare la produttività di determinati fattori produttivi. Per valutare

la direzione del cambiamento tecnologico, è necessario confrontare la produttività attuale con quella che si otterrebbe mantenendo le condizioni invariate rispetto all'anno di riferimento.

L'innovazione tecnologica contribuisce all'aumento della produttività di un sistema se il valore della *TFP* cresce nel tempo, incrementando di conseguenza il PIL. In caso contrario, se la *TFP* diminuisce, l'innovazione ha un impatto negativo sul PIL. Il *BTC* è positivo quando il cambiamento tecnologico favorisce il fattore produttivo più conveniente, mentre è negativo quando favorisce quello meno vantaggioso.

Richiamando Schumpeter (1911, 1954), un paese ricco di inventori tende ad avere una *TFP* alta ma un *BTC* basso, poiché gli inventori si concentrano su innovazioni originali senza considerare il contesto locale. Gli innovatori, al contrario, migliorano sia la *TFP* che il *BTC* grazie alla loro attenzione verso la commercializzazione delle invenzioni. Gli adattatori, che modificano tecnologie esistenti per adattare alle nuove esigenze, mostrano solitamente un *BTC* elevato ma una *TFP* bassa. Gli imitatori, che replicano senza apportare modifiche significative, tendono a registrare valori bassi sia di *TFP* che di *BTC*.

Dall'analisi delle differenze regionali emerse dai dati sui vari continenti, si è osservato che le aree con i valori più alti di *TFP* tendono ad avere valori più bassi di *BTC*. Temporalmente, la *TFP* ha mostrato un andamento decrescente e lineare, mentre il *BTC* ha registrato una crescita irregolare. La correlazione negativa tra *TFP* e *BTC* può essere spiegata attraverso le figure delineate da Schumpeter (1911, 1954). In sintesi, il Nord America è una regione di inventori rispetto alla media mondiale, mentre l'Oceania si distingue per la presenza di numerosi innovatori. L'Europa si colloca in una posizione intermedia ma con più innovatori della media mondiale. Il Sud America, invece, è caratterizzato da una bassa presenza di adattatori, mentre in Africa e Asia è più elevata, ma sempre sotto la media mondiale.

L'innovazione consiste nell'integrazione di nuove idee all'interno dell'economia di un paese, con lo scopo di impattare positivamente la crescita economica. Nei paesi sviluppati, essa tende a essere più radicale e a contribuire in modo significativo alla conoscenza globale. Nei paesi in via di sviluppo, pur avendo un impatto minore a livello globale, l'innovazione svolge un ruolo cruciale a livello locale. Tali paesi

possono ridurre il divario tecnologico rispetto alle economie avanzate tramite strategie di "catch-up" (Lee, 2011, 2017, 2019), che consistono nell'adottare e adattare le tecnologie sviluppate nei paesi più ricchi al proprio contesto locale. Gli imitatori di queste regioni, infatti, devono spesso modificare tecnologie non pienamente adatte alle loro condizioni.

In conclusione, affinché l'innovazione sia efficace, è fondamentale misurarla e orientarla strategicamente. La capacità di valutare sia il livello che la direzione del progresso tecnologico è essenziale per comprenderne l'impatto complessivo su un'economia.

Le teorie descritte in precedenza presentano alcune limitazioni importanti.

In primo luogo, la teoria della *TFP* attribuisce gli incrementi di produttività agli avanzamenti tecnologici che non possono essere spiegati dall'aumento di capitale e lavoro. Tuttavia, poiché non esiste una misura diretta del progresso tecnologico, risulta difficile quantificare quanto esso influisca effettivamente sulla crescita economica. Inoltre, la *TFP* non tiene conto di altri fattori cruciali che influenzano la crescita, come la qualità dell'istruzione, le infrastrutture, la salute pubblica, l'efficienza istituzionale e le innovazioni organizzative. Questi elementi possono incidere in modo significativo sulla produttività, ma non sono adeguatamente rappresentati nel modello. La *TFP*, inoltre, si basa su una visione semplificata della crescita economica, concentrandosi esclusivamente su capitale e lavoro come input. In realtà, il contesto economico è molto più complesso, e fattori come l'ambiente normativo, l'apertura commerciale e le dinamiche di mercato possono influenzare profondamente la produttività.

In secondo luogo, il modello del *BTC* tenta di misurare se e come una tecnologia favorisca un fattore produttivo rispetto a un altro, ma questa analisi può essere complessa. Spesso i dati disponibili non sono abbastanza dettagliati per determinare con precisione il bias tecnologico. Inoltre, il modello *BTC* semplifica l'impatto del progresso tecnologico, ipotizzando che esso avvantaggi principalmente il capitale o il lavoro, senza considerare altri aspetti importanti, come la produttività settoriale, l'efficienza energetica o le innovazioni organizzative, che restano fuori dall'analisi. Un'altra criticità del *BTC* è la generalizzazione dell'impatto della tecnologia su

capitale e lavoro, ignorando il fatto che tali effetti possono variare notevolmente in base alle condizioni economiche, sociali e istituzionali di ogni paese o regione. Questo limita l'applicabilità universale del modello, poiché il progresso tecnologico può avere esiti diversi a seconda del contesto locale. Inoltre, il *BTC* presuppone una certa elasticità nella sostituzione tra capitale e lavoro, ma in molti casi questi due fattori possono essere complementari o la loro sostituzione può essere limitata da vincoli pratici o economici, riducendo la capacità del modello di prevedere accuratamente gli effetti del cambiamento tecnologico. Infine, il *BTC* si concentra sugli effetti "natural" del progresso tecnologico, trascurando l'importante ruolo delle politiche pubbliche, come gli investimenti in istruzione o le politiche industriali, che possono modificare in modo significativo l'impatto della tecnologia sui fattori produttivi.

In conclusione, la *TFP* e il *BTC* sono strumenti utili per misurare l'efficienza di un'economia nell'utilizzo dei propri fattori produttivi e per comprendere l'effetto differenziato della tecnologia su capitale e lavoro. Tuttavia, è essenziale riconoscerne i limiti per una valutazione più completa dell'impatto economico del progresso tecnologico.

## Bibliografia

1. Abramovitz, M. (1986). “Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind”. *The Journal of Economic History*, 46, 385–406.
2. Abramovitz, M., David, P.A. (2001). “Convergence and Delayed Catch-Up: Productivity Leadership and The Waning of American Exceptionalism”. In: Landau, R., Taylor, T., Wright, G. (eds). *The Mosaic of Economic Growth*. Stanford University Press, 21–62.
3. Antonelli, C. (1995). “Il Cambiamento Tecnologico: Innovazione E Modernizzazione (1945-1990)”. In: Barbagallo, F. (ed). *Storia Dell’italia Repubblicana. La Trasformazione Dell’italia: Sviluppi E Squilibri*. Einaudi, 477–526.
4. Antonelli, C. (2006). “Diffusion As A Process of Creative Adoption”. *The Journal of Technology Transfer*, 31, 211–226.
5. Antonelli, C., Barbiellini Amidei, F. (2007). “Innovazione Tecnologica E Mutamento Strutturale Nell’industria Italiana Nel Secondo Dopoguerra”. In: Antonelli, C., Barbiellini Amidei, F., Giannetti, R., Gomellini, M., Pastorelli, S., Pianta, M. (eds). *Innovazione Tecnologica E Sviluppo Industriale Nel Secondo Dopoguerra*. Collana Storica Della Banca D’Italia, 3–358.
6. Antonelli, C., Quatraro, F. (2010). “The Effects of Biased Technological Change on Total Factor Productivity: Empirical Evidence from A Sample of OECD Countries”. *The Journal of Technology Transfer*, 47, 361–383.
7. Antonelli, C., Quatraro, F. (2010). “The Effects of Biased Technological Change on Total Factor Productivity: Empirical Evidence from A Sample of OECD Countries”. *The Journal of Technology Transfer*, 47, 1686–1700.
8. Antonelli, C., Barbiellini Amidei, F., Fassio, C. (2014). “The Mechanisms of Knowledge Governance: State Owned Corporations and Italian Economic Growth, 1950-1994. *Structural Change and Economic Dynamics*, 31, 43–63.
9. Antonelli, C., Feder, C. (2019). “A Long-Term Comparative Analysis of The Direction and Congruence of Technological Change”. *Socio-Economic Review*, 19, 583–605.

10. Arrow, K.J., Chenery, H.B., Minhas, B.S., Solow, R.M. (1961). “Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency”. *Review of Economics and Statistics*, 43, 225–250.
11. Basu, S., Weil, D.N. (1998). “Appropriate Technology and Growth”. *The Quarterly Journal of Economics*, 113, 1025–1054.
12. Blanchard, O. (1997). “The Medium Run”. *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, 89–158.
13. Bush, V. (1945). *The Endless Frontier*. National Science Foundation.
14. Caballero, R.J., Hammour, M.L. (1998). “Jobless Growth: Appropriability, Factor Substitution, and Unemployment”. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 48, 51–94.
15. Cobb, C.W., Douglas, P.H. (1928). *A Theory of Production*. American Economic Association.
16. David, P.A. (1975). *Technological Choice, Innovation and Economic Growth*. Cambridge University Press.
17. Feder, C. (2018). “A Measure of Total Factor Productivity with Biased Technological Change”. *Economics of Innovation and New Technology*, 27, 243–253.
18. Fellner, W. (1961). “Two Propositions in The Theory of Induced Innovations”. *The Economic Journal*, 71, 305–308.
19. Freeman, C., Soete, L. (1997). *The Economics of Industrial Innovation*. Routledge.
20. Gerschenkron, A. (1962). *Economic Backwardness in Historical Perspective*. The Belknap Press of Harvard University Press.
21. Hicks, J.R. (1932). *The Theory of Wages*. Macmillan.
22. Kaldor, N. (1961). “Capital Accumulation and Economic Growth”. In: Lutz, F.A. Hague, D.C. (eds). *The Theory of Capital*. St. Martin’s Press.
23. Kennedy, C. (1964). “Induced Bias in Innovation and The Theory of Distribution”. *The Economic Journal*, 74, 541–547.
24. Lee, K. (2011). “Making a Technological Catch-up: Barriers and Opportunities”. *Asian Journal of Technology Innovation*, 13, 97–131.

25. Lee, K., Malerba, F. (2017). “Catch-Up Cycles and Changes in Industrial Leadership: Windows of Opportunity and Responses of Firms and Countries in The Evolution of Sectoral Systems”. *Research Policy*, 46, 338–351.
26. Lee, K. (2019). *The Art of Economic Catch-up: Barriers, Detours and Leapfrogging in Innovation Systems*. Cambridge University Press.
27. Marx, K. (1867). *Capital*. Lawrence and Wishart.
28. Mohamed, M.M.A., Liu, P., Nie, G. (2022). “Causality Between Technological Innovation and Economic Growth: Evidence from The Economies of Developing Countries”. *Sustainability*, 14.
29. Mowery, D., Rosenberg, N. (1999). *Paths of Innovation: Technological Change in 20th-Century America*. Cambridge University Press.
30. Nelson, R., Winter, S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Harvard University Press.
31. Perez, C., Soete, L. (1988). “Catching Up in Technology: Entry Barriers and Windows of Opportunities”. *Revista Brasileira de Inovação*, 14.
32. Salter, W.E.G. (1960). *Productivity and Technical Change*. Cambridge University Press.
33. Samuelson, P.A. (1965). “A Theory of Induced Innovation Along Kennedy-Weisäcker Lines”. *The Review of Economics and Statistics*, 47, 343–356.
34. Schmookler, J. (1966). *Invention and Economic Growth*. Harvard University Press.
35. Schmookler, J. (1972). *Patents, Invention and Economic Change: Data and Selected Essays*. Harvard University Press.
36. Schumpeter, J.A. (1911). *The Theory of Economic Development*. Harvard University Press.
37. Schumpeter, J.A. (1954). *Capitalism, Socialism, and Democracy*. Routledge.
38. Solow, R.M. (1957). “Technical Change and The Aggregate Production Function”. *The Review of Economics and Statistics*, 39, 312–320.
39. Sturgill, B., Zuleta, H. (2016). “Getting Growth Accounting Right”. Universidad de Los Andes, Facultad de Economía, CEDE.
40. Sturgill, B., Zuleta, H. (2017). “Variable Factor Shares and The Index Number Problem”. Universidad de Los Andes, Facultad de Economía, CEDE.



**Appendice n.1:** Elenco dettagliato dei paesi studiati e i loro continenti

<b>Paese</b>	<b>Continente</b>	<b>Paese</b>	<b>Continente</b>
Angola	Africa	Corea del Sud	Asia
Arabia Saudita	Asia	Costa d'Avorio	Africa
Argentina	America meridionale	Costa Rica	America meridionale
Armenia	Asia	Croazia	Europa
Aruba	America meridionale	Danimarca	Europa
Australia	Oceania	Djibouti	Africa
Austria	Europa	Ecuador	America meridionale
Azerbaijan	Asia	Egitto	Africa
Bahamas	America meridionale	Estonia	Europa
Bahrain	Asia	Filippine	Asia
Belgio	Europa	Finlandia	Europa
Benin	Africa	Francia	Europa
Bielorussia	Europa	Gabon	Africa
Bolivia	America meridionale	Georgia	Asia
Bosnia Erzegovina	Europa	Germania	Europa
Botswana	Africa	Giamaica	America meridionale
Brasile	America meridionale	Giappone	Asia
Bulgaria	Europa	Giordania	Asia
Burkina Faso	Africa	Guatemala	America meridionale
Burundi	Africa	Guinea	Africa
Camerun	Africa	Honduras	America meridionale
Canada	America settentrionale	Hong Kong	Asia
Capo Verde	Africa	India	Asia
Centrafica	Africa	Indonesia	Asia
Chad	Africa	Iran	Asia
Cile	America meridionale	Iraq	Asia
Cina	Asia	Irlanda	Europa
Cipro	Asia	Islanda	Europa
Colombia	America meridionale	Isole Cayman	America settentrionale

<b>Paese</b>	<b>Continente</b>	<b>Paese</b>	<b>Continente</b>
Isole Fiji	Oceania	Polonia	Europa
Isole Vergini Britanniche	America meridionale	Portogallo	Europa
Israele	Asia	Qatar	Asia
Italia	Europa	Regno Unito	Europa
Kazakhstan	Asia	Repubblica Ceca	Europa
Kenya	Africa	Repubblica Dominicana	America meridionale
Kuwait	Asia	Romania	Europa
Kyrgyzstan	Asia	Russia	Asia
Laos	Asia	Senegal	Africa
Lesotho	Africa	Serbia	Europa
Lettonia	Europa	Sierra Leone	Africa
Lituania	Europa	Singapore	Asia
Lussemburgo	Europa	Slovacchia	Europa
Macao	Asia	Slovenia	Europa
Macedonia del Nord	Europa	Spagna	Europa
Malesia	Asia	Sri Lanka	Asia
Malta	Europa	Stati Uniti	America settentrionale
Marocco	Africa	Sudafrica	Africa
Mauritania	Africa	Sudan	Africa
Mauritius	Africa	Suriname	America meridionale
Messico	America meridionale	Svezia	Europa
Moldavia	Europa	Svizzera	Europa
Mongolia	Asia	Taiwan	Asia
Mozambico	Africa	Tajikistan	Asia
Namibia	Africa	Tanzania	Africa
Nicaragua	America meridionale	Trinidad e Tobago	America meridionale
Niger	Africa	Tunisia	Africa
Nigeria	Africa	Turchia	Asia
Nuova Zelanda	Oceania	Ucraina	Europa
Oman	Asia	Ungheria	Europa
Paesi Bassi	Europa	Uruguay	America meridionale
Panama	America meridionale	Uzbekistan	Asia
Paraguay	America meridionale	Venezuela	America meridionale
Perù	America meridionale	Zambia	Africa