



1506
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI URBINO
CARLO BO

DIPARTIMENTO DI ECONOMIA, SOCIETÀ' E POLITICA

CORSO DEL DOTTORATO DI RICERCA:

Economia, Società e Politica

CURRICULUM

Economia e management

CICLO

XXX

TITOLO DELLA TESI

La dinamica del capitale pubblico: un'analisi dei principali effetti macroeconomici

Settore Scientifico disciplinare: SECS-P/02

RELATORE

Chiar.mo Prof.
Giuseppe Travaglini

DOTTORANDO

Dott. Andrea Federici

ANNO ACCADEMICO

2018/2019

SOMMARIO

ABSTRACT	8
PREMESSA.....	9
1 – INTRODUZIONE.....	13
2 – RIGUARDO IL CAPITALE PUBBLICO	21
2.1 – DEFINIZIONE DI CAPITALE PUBBLICO	21
2.2 – IL METODO DELL’INVENTARIO PERMANENTE	25
2.3 – LA PROBLEMATICA OGGETTO DI INDAGINE	27
2.4 – L’IMPORTANZA DEL CAPITALE PUBBLICO PER LA CRESCITA ECONOMICA	31
2.5 – ALCUNE PROBLEMATICHE ATTINENTI ALLA MISURAZIONE DEL CAPITALE PUBBLICO.....	51
2.6 – LA RELAZIONE TRA CAPITALE PUBBLICO E CAPITALE PRIVATO	56
3 – APPROCCI TEORICI.....	60
3.1 – APPROCCIO DELLA FUNZIONE DI PRODUZIONE	60
3.2 – APPROCCIO DELLA FUNZIONE DI COSTO	69
4 – APPROCCI EMPIRICI	75
4.1 – UNA BREVE INTRODUZIONE AI VETTORI AUTOREGRESSIVI ..	76
4.2 – IL VAR SENZA RESTRIZIONI	82
4.3 – IL VAR STRUTTURALE.....	84
4.4 – COINTEGRAZIONE	87
4.5 – L’ANALISI DEI SISTEMI COINTEGRATI: VECM.....	94
5 – RISULTATI EMPIRICI.....	99
5.1 – COSTRUZIONE DELLE SERIE STORICHE SULLA DOTAZIONE DI CAPITALE PUBBLICO	100
5.2 – DATI.....	107
5.3 – TEST DI STAZIONARIETA’	115
5.4 – SCELTA DEI RITARDI.....	119
5.5 – TEST DI COINTEGRAZIONE	121
5.6 – PRINCIPALI RISULTANZE VECM	123
FRANCIA	126
GERMANIA	133
GRECIA.....	140
IRLANDA.....	147
ITALIA	154
PORTOGALLO	161

REGNO UNITO.....	167
SPAGNA	175
STATI UNITI.....	182
TABELLE DI SINTESI	189
5.7 – ANALISI IMPULSE RESPONSE	191
6 – CONCLUSIONI E POLICY IMPLICATIONS	209
APPENDICE 1: Studi basati sull’approccio della funzione di produzione.....	218
APPENDICE 2: Studi basati sull’approccio della funzione di costo.....	220
APPENDICE 3: Studi basati su modelli autoregressivi	221
APPENDICE 4: Studi basati sul rapporto tra capitale pubblico e privato	223
BIBLIOGRAFIA	225

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Investimenti pubblici in rapporto al PIL (Ameco)	14
Tabella 2 – Sintesi metodo dell’inventario permanente	27
Tabella 3 – Sintesi variabili oggetto di indagine	108
Tabella 4 – Sintesi test stazionarietà capitale privato	117
Tabella 5 – Sintesi test stazionarietà capitale pubblico.....	117
Tabella 6 – Sintesi test stazionarietà occupazione.....	118
Tabella 7 – Sintesi test stazionarietà PIL	118
Tabella 8 – Sintesi scelta ritardi.....	119
Tabella 9 – Sintesi test di validità statistica.....	120
Tabella 10 – Sintesi trace test	123
Tabella 11 – Sintesi Max-Eigenvalue test	123
Tabella 12 – Estimation output Francia	127
Tabella 13 – Analisi dei coefficienti Francia.....	128
Tabella 14 – Granger causality Francia.....	128
Tabella 15 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Francia	130
Tabella 16 – Test di normalità Francia.....	130
Tabella 17 – Test di eteroschedasticità Francia	131
Tabella 18 – Test di autocorrelazione Francia.....	132
Tabella 19 – Estimation output Germania.....	134
Tabella 20 – Analisi dei coefficienti Germania.....	135
Tabella 21 – Granger causality - Germania.....	135
Tabella 22 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Germania	137
Tabella 23 – Test di normalità Germania	137
Tabella 24 – Test di eteroschedasticità Germania	138
Tabella 25 – Test di autocorrelazione Germania	138
Tabella 26 – Estimation output Grecia.....	141
Tabella 27 – Analisi dei coefficienti Grecia.....	142
Tabella 28 – Granger causality Grecia.....	142
Tabella 29 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Grecia	144
Tabella 30 – Test di normalità Grecia.....	144
Tabella 31 – Test di eteroschedasticità Grecia	145
Tabella 32 – Test di autocorrelazione Grecia.....	145
Tabella 33 – Estimation output Irlanda	148
Tabella 34 – Analisi dei coefficienti Irlanda	149
Tabella 35 – Granger causality Irlanda	149
Tabella 36 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Irlanda.....	151
Tabella 37 – Test di normalità Irlanda	151
Tabella 38 – Test di eteroschedasticità Irlanda.....	152
Tabella 39 – Test di autocorrelazione Irlanda	153
Tabella 40 – Estimation output Italia	155
Tabella 41 – Analisi dei coefficienti Italia	156
Tabella 42 – Granger causality Italia	156
Tabella 43 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Italia.....	158
Tabella 44 – Test di normalità Italia	158
Tabella 45 – Test di eteroschedasticità Italia.....	159
Tabella 46 – Test di autocorrelazione Italia	159

Tabella 47 – Estimation output Portogallo.....	162
Tabella 48 – Analisi dei coefficienti Portogallo.....	162
Tabella 49 – Granger causality Portogallo.....	163
Tabella 50 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Portogallo.....	164
Tabella 51 – Test di normalità Portogallo.....	165
Tabella 52 – Test di eteroschedasticità Portogallo.....	165
Tabella 53 – Test di autocorrelazione Portogallo.....	166
Tabella 54 – Estimation output Regno Unito.....	168
Tabella 55 – Analisi dei coefficienti Regno Unito.....	169
Tabella 56 – Granger causality Regno Unito.....	169
Tabella 57 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Regno Unito.....	171
Tabella 58 – Test di normalità Regno Unito.....	172
Tabella 59 – Test di eteroschedasticità Regno Unito.....	172
Tabella 60 – Test di autocorrelazione Regno Unito.....	173
Tabella 61 – Estimation output Spagna.....	176
Tabella 62 – Analisi dei coefficienti Spagna.....	177
Tabella 63 – Granger causality Spagna.....	177
Tabella 64 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Spagna.....	179
Tabella 65 – Test di normalità Spagna.....	179
Tabella 66 – Test di eteroschedasticità Spagna.....	180
Tabella 67 – Test di autocorrelazione Spagna.....	180
Tabella 68 – Estimation output Stati Uniti.....	183
Tabella 69 – Analisi dei coefficienti Stati Uniti.....	184
Tabella 70 – Granger causality Stati Uniti.....	184
Tabella 71 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Stati Uniti.....	186
Tabella 72 – Test di normalità Stati Uniti.....	186
Tabella 73 – Test di eteroschedasticità Stati Uniti.....	187
Tabella 74 – Test di autocorrelazione Stati Uniti.....	187
Tabella 75 – Sintesi significatività dei coefficienti.....	189
Tabella 76 – Sintesi coefficienti breve e lungo periodo.....	189
Tabella 77 – Sintesi Granger causality.....	190

INDICE DEI GRAFICI

Grafico 1 – Stock di capitale pubblico economie Europee (Ameco).....	14
Grafico 2 – Stock di capitale pubblico UE (Ameco)	15
Grafico 3 – Stock di capitale pubblico economie extraeuropee (Ameco).....	15
Grafico 4 – Stock di capitale pubblico in percentuale sul PIL	16
Grafico 5 – Serie capitale privato	109
Grafico 6 – Serie capitale pubblico.....	109
Grafico 7 – Serie occupazione	110
Grafico 8 – Serie PIL	110
Grafico 9 – Serie Francia.....	111
Grafico 10 – Serie Germania	111
Grafico 11 – Serie Grecia	112
Grafico 12 – Serie Irlanda	112
Grafico 13 – Serie Italia	113
Grafico 14 – Serie Portogallo	113
Grafico 15 – Serie Regno Unito.....	114
Grafico 16 – Serie Spagna.....	114
Grafico 17 – Serie Stati Uniti	115

*A mia figlia
il vero capolavoro della mia vita*

ABSTRACT

This work critically analyses all the contributions in public investment theory. Particularly we discuss the relationship between the stock of public capital and some macroeconomic variables such as output, employment and the stock of private capital. In other words, how the cited variable have an influence on the other ones? And if the answer is positive, how much is it? To do this it will be necessary to survey critically the literature developed around this topic beginning from the paper of Aschauer D.A. (1988), which represents the starting point of the debate. In fact, this matter of study explodes after his works. For this reason, we try to explain the main approaches in the literature about this field of research. Then we try to analyse the general question and the most important problems about the definition of public capital and the link with some macroeconomic variables and the private factors of production. Finally, we discuss the most problematic aspects from an econometric point of view. We also synthetize the most popular studies on this topic. We discovered most of these studies found a positive relationship of public capital respect to output, employment and the stock of private capital. There is now more consensus than in the past that public capital has a positive influence on the economic system of a country. However, the impact reported by recent studies is not as big as some earlier papers suggested.

PREMESSA

Durante la fine degli anni ottanta e l'inizio degli anni novanta, in seguito ai lavori di ricerca portati avanti principalmente da Aschauer e Gramlich, il tema riguardante l'impatto macroeconomico del capitale pubblico, fino a quel momento, poco sviscerato da parte degli addetti ai lavori, è diventato di grande attualità.

Si tratta, senza ombra di dubbio di un tema di interesse soprattutto in questo preciso periodo storico in cui da più parti si continua a sostenere che per favorire la ripresa, in seguito alla crisi finanziaria del 2008, è necessario ridimensionare il ruolo del settore pubblico nell'economia, dando per scontato che se quest'ultimo farà un passo indietro, lo spirito imprenditoriale e la capacità di innovazione del settore privato potranno dispiegare tutta la loro forza. Coloro i quali sostengono questa visione, alimentano la contrapposizione tra un settore pubblico lento, burocratico, inefficiente, paragonato ad un settore privato il quale, al contrario, viene dipinto come innovativo, dinamico e competitivo. Questa ideologia portata avanti anche da diversi ambienti accademici (situati soprattutto negli Stati Uniti, basti pensare alla famosa scuola di Chicago il cui massimo esponente fu Milton Friedman), ha portato alla falsa conclusione, ormai ritenuta vera anche dalla maggior parte della popolazione, che la reale causa della recente crisi sia stata provocata da un eccesso di debito pubblico e non, come in realtà è avvenuto, da un eccesso di indebitamento del settore privato (per averne conferma basta volgere lo sguardo alla condizione in cui versava il mercato immobiliare americano a partire dalla fine del ventesimo secolo).

Naturalmente negli ultimi anni il debito pubblico è sicuramente aumentato, ma ciò è stata una conseguenza diretta della crisi e non di certo una sua causa. Quest'ultima infatti ha reso necessari, numerosi salvataggi di istituti di credito (dove erano depositati i risparmi della gente comune) e ha notevolmente innalzato il numero delle prestazioni di welfare, in un momento in cui si stava verificando anche il contestuale calo del gettito fiscale dovuto all'ovvio aumento della disoccupazione che la stessa crisi ha creato. Sta di fatto che, nonostante quanto affermato, si è assistito ad un costante e continuo arretramento dello Stato dall'economia, a cominciare da una sempre più frequente esternalizzazione di servizi pubblici al settore privato. Ciò si è verificato, anche se con intensità

differente, in ogni parte del mondo. Questa prassi di solito risponde a ragioni di incremento dell'efficienza, anche se sono rarissimi i casi in cui è stata effettuata un'analisi approfondita dei risparmi, in termini di costi reali, consentiti da queste esternalizzazioni, specialmente se si aggiunge al conto la mancanza di un vero e proprio controllo sulla qualità dei servizi che vengono offerti dal settore privato e i costi molto spesso più elevati che ne conseguono direttamente.

Questo dibattito, sul ruolo che deve ricoprire il settore pubblico all'interno dell'economia, pur rimanendo sempre valido e attuale nel mondo accademico così come in quello reale, è tuttavia, particolarmente sentito in Europa, dove si sostiene che tutti i mali dei Paesi, cosiddetti "periferici", tra cui si annoverano, Portogallo, Irlanda, Italia, Grecia e Spagna (ribattezzati con l'infamante acronimo di PIIGS), sono dovuti alla presenza di un settore pubblico che spende troppo e male, ignorando numerose statistiche che propongono un quadro diametralmente opposto e che in realtà si sostanziano in un totale immobilismo di quest'ultimo, il quale non realizza riforme strutturali e non porta a compimento quel tipo di investimenti strategici che in paesi vicini, come la tanto citata Germania, vengono fatti da decenni. Tanto per fare un esempio una delle ragioni del bassissimo tasso di crescita dell'Italia negli ultimi 15 anni, non deriva dal fatto che lo Stato ha speso troppo, ma dal fatto che non ha speso abbastanza in aree strategiche come l'istruzione, il capitale umano, la ricerca e le infrastrutture impedendo di conseguenza la crescita del prodotto interno lordo (d'ora in poi PIL): risulta chiaro quindi che, anche con un disavanzo di bilancio relativamente contenuto e intorno al 4 per cento prima della crisi, il fatto che il tasso di crescita del PIL (il denominatore dell'indicatore preso in considerazione) sia rimasto intorno allo zero ha permesso che il rapporto debito/PIL continuasse a crescere.

Negli ultimi anni, molti ricercatori si sono sforzati di stimare, il contributo offerto dal capitale pubblico alla crescita economica. Da questo punto di vista, i dati lasciano poco spazio all'interpretazione: in quasi tutti i paesi dell'area OCSE, il rapporto tra gli investimenti pubblici e il PIL è diminuito ed in alcuni casi anche in maniera piuttosto consistente, come si dimostrerà nello sviluppo dell'elaborato.

Ad ogni modo, tutto ciò stona, incredibilmente, con quanto affermato da diverse organizzazioni economiche internazionali, le quali sostengono che il settore pubblico, rappresenta, l'ingranaggio principale della crescita economica, anche se da solo non è in grado di generarne una che sia sostenibile e duratura, in

quanto necessita anche del contributo di altri fattori. Questo è dovuto in parte al fatto che in periodi di recessione, risulta politicamente, molto più facile diminuire o addirittura rinviare gli investimenti, piuttosto che procedere ad un taglio delle spese correnti, in quanto sono proprio queste ultime ad avere un impatto immediato sulla vita quotidiana dei cittadini. Non a caso, diversi studi hanno evidenziato che in periodi di politica fiscale restrittiva, gli investimenti effettuati da parte del settore pubblico, si riducono in maniera molto più marcata rispetto alle altre tipologie di spesa, anzi queste ultime, specialmente la spesa corrente, tendono ad aumentare anche in maniera sensibile. Tuttavia, questi stessi studi mettono anche in luce, come la contrazione degli investimenti abbia degli effetti evidenti sulla crescita economica, ritardandola. Il primo a cimentarsi con questa problematica è stato Aschauer, il quale nel non lontano 1989, ha ipotizzato che la recessione americana avvenuta negli anni settanta, fosse in larga parte ascrivibile, ad un corrispondente declino della dotazione di capitale pubblico. Partendo da questo risultato, egli ha trovato una fortissima relazione, supportata dai dati, tra la dotazione di capitale pubblico e l'output produttivo per diversi paesi oltre agli Stati Uniti. I risultati mostrati erano semplicemente sbalorditivi: un aumento del 1 per cento dello stock di capitale pubblico, portava ad un conseguente aumento dello 0.4 per cento della produttività multifattoriale. Le implicazioni di questi risultati per i policymakers erano chiare: bisognerebbe aumentare la dotazione di capitale pubblico, perpetrando una politica di rilancio degli investimenti, per spingere al rialzo l'economia. Questo è il motivo per cui durante la Presidenza Clinton, la spesa per la realizzazione delle infrastrutture subì un'evidente impennata.

Naturalmente, allo studio di Aschauer ne seguirono molti altri, alcuni dei quali giungevano a risultati diametralmente opposti, altri che invece, pur giungendo alle stesse conclusioni generali, ne mettevano in discussione il quantum, ossia era verificato che lo stock di capitale pubblico avesse un'influenza positiva sulla crescita economica, ma quest'ultima non era così marcata come lo 0.4 per cento rinvenibile nei lavori di Aschauer.

Fatte queste importanti premesse, il presente lavoro, dopo un'attenta analisi della principale letteratura, teorica ed empirica, sviluppatasi attorno a questa tematica, si prefigge l'obiettivo di verificare se esiste una relazione positiva tra il capitale pubblico e alcune variabili macroeconomiche (output

produttivo, occupazione, capitale privato), a supporto della tesi per cui non è tanto importante quanto il settore pubblico spende, ma è molto più importante, come il settore pubblico spende, evidenziando che quando lo Stato investe in settori strategici, il suo intervento rappresenta una delle componenti fondamentali della crescita economica.

1 – INTRODUZIONE

I governi hanno la possibilità di migliorare le condizioni di vita future dei propri cittadini in vari modi, infatti essi possono: adottare politiche di stimolo dell'investimento privato, spendere maggiori risorse negli ambiti della salute e dell'educazione in modo da potenziare il capitale umano, preservare l'ambiente circostante, oppure possono migliorare la propria dotazione di capitale pubblico attraverso politiche di rilancio degli investimenti.

Esemplificativo a tal proposito, risulta il passaggio di una relazione, datata 1994, a cura della Banca Mondiale, secondo cui il capitale pubblico rappresenta l'ingranaggio, se non addirittura il motore primo dell'attività economica (*"Public capital represents the wheels, if not the engine, of economic activity"*). D'altronde se si pensa alle telecomunicazioni, all'elettricità, all'acqua, per non parlare dei trasporti, risulta chiaro come tutte queste componenti rappresentino una delle "materie prime" imprescindibili all'interno del processo produttivo di ogni attività economica, pubblica o privata che sia. Ad ogni modo è doveroso evidenziare come la stessa Banca Mondiale, all'interno di quella relazione, sottolinei come una politica di rilancio degli investimenti, volta ad incrementare la dotazione di capitale pubblico, da sola non sia sufficiente per generare una crescita economica sostenuta e duratura (*"Infrastructure investment is not sufficient on its own to generate sustained increases in economic growth"*).

Quanto detto rappresenta una delle ragioni per cui negli ultimi periodi il mondo della ricerca ha profuso uno sforzo notevole nel cercare di stimare il contributo del capitale pubblico alla crescita economica ed il suo rapporto in relazione ad alcune variabili macroeconomiche. Questo interesse è naturalmente ascrivibile anche ad altre motivazioni di cui viene fornita una breve illustrazione.

Innanzitutto, a partire dagli anni settanta, il rapporto tra gli investimenti pubblici e il PIL si è costantemente ridotto in diversi paesi appartenenti all'area OCSE¹. Alcuni autori (cfr. Oxley e Martin, 1991, pag. 161), hanno provato a cercare le ragioni di questa riduzione, sostenendo che in periodi di stagnazione e

¹ Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico; è un organismo internazionale di studi economici per i paesi membri, i quali hanno la caratteristica comune di essere considerati sviluppati, di avere un sistema di governo democratico ed un'economia cosiddetta di mercato. Essa svolge il ruolo di assemblea consultiva consentendo un momento di confronto tra le esperienze politiche ai fini di una risoluzione di problemi comuni attraverso l'identificazione di pratiche commerciali ed il coordinamento delle politiche economiche dei paesi membri.

di recessione economica, risulta politicamente meno complicato rinviare gli investimenti piuttosto che procedere ad una riduzione della spesa corrente, la quale al contrario, tende solitamente ad aumentare a causa della necessità di maggiori interventi da parte del settore pubblico per attenuare gli effetti delle recessioni stesse (a titolo di esempio, si pensi ai soli sussidi per combattere la disoccupazione). La tabella ed i grafici sottostanti mettono in evidenza quanto appena detto, ossia la riduzione degli investimenti pubblici in percentuale sul PIL per alcune delle economie più importanti al mondo.

PAESE	1980	1990	2000	2010
Francia	55,00 %	53,00 %	54,00 %	51,00 %
Germania	58,40 %	52,00 %	47,10 %	49,50 %
Giappone	97,70 %	95,70 %	117,10 %	112,00 %
Italia	44,70 %	49,00 %	47,90 %	39,80 %
Regno Unito	63,90 %	48,50 %	40,30 %	37,90 %
Stati Uniti	59,90 %	54,10 %	50,00 %	48,80 %

Tabella 1 – Investimenti pubblici in rapporto al PIL (Ameco)

I dati relativi al rapporto tra lo stock di capitale pubblico e PIL, espresso in percentuale, mostra un trend decrescente in tutte le economie prese in considerazione, con un'unica eccezione che può essere rappresentata dal Giappone. Quanto riportato, conferma le precedenti affermazioni.

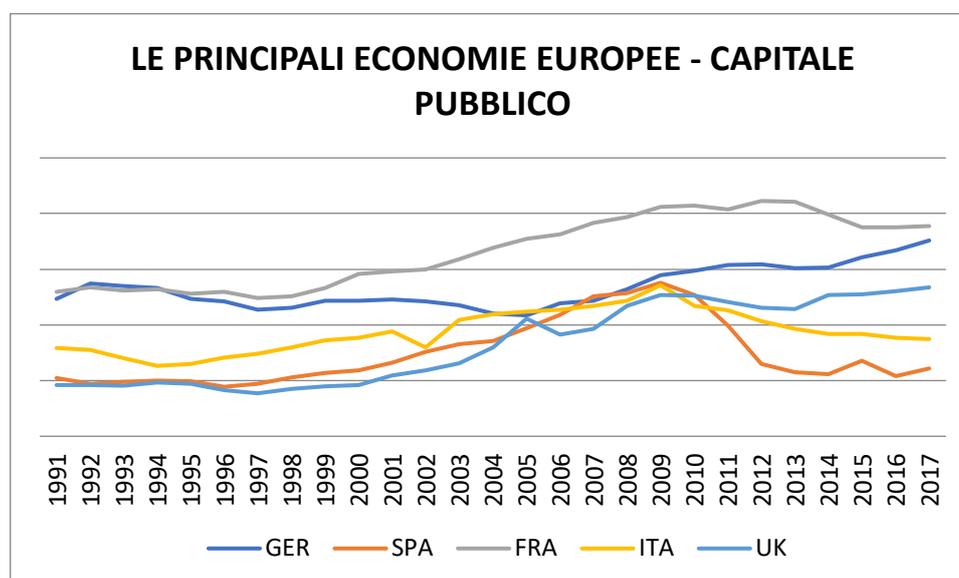


Grafico 1 – Stock di capitale pubblico economie Europee (Ameco)

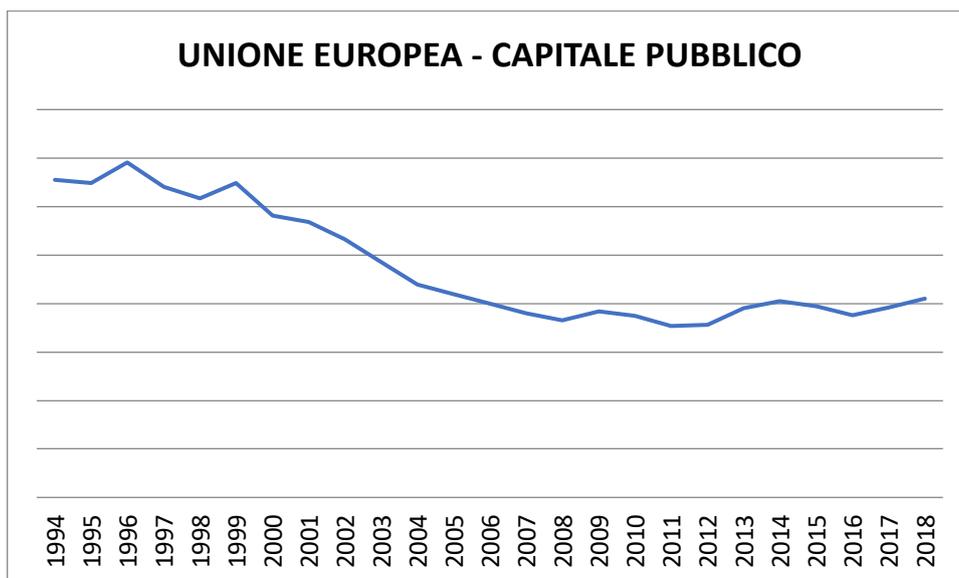


Grafico 2 – Stock di capitale pubblico UE (Ameco)

Questi due grafici, evidenziano in maniera chiara (con una sola eccezione, Germania), il trend sostanzialmente decrescente che ha vissuto lo stock di capitale pubblico a partire dagli anni novanta. Stessa conclusione può essere tratta dal grafico che segue, che si basa sullo stesso tipo di dato, ma con riferimento alle economie extra UE di cui si hanno a disposizione maggiori dati².

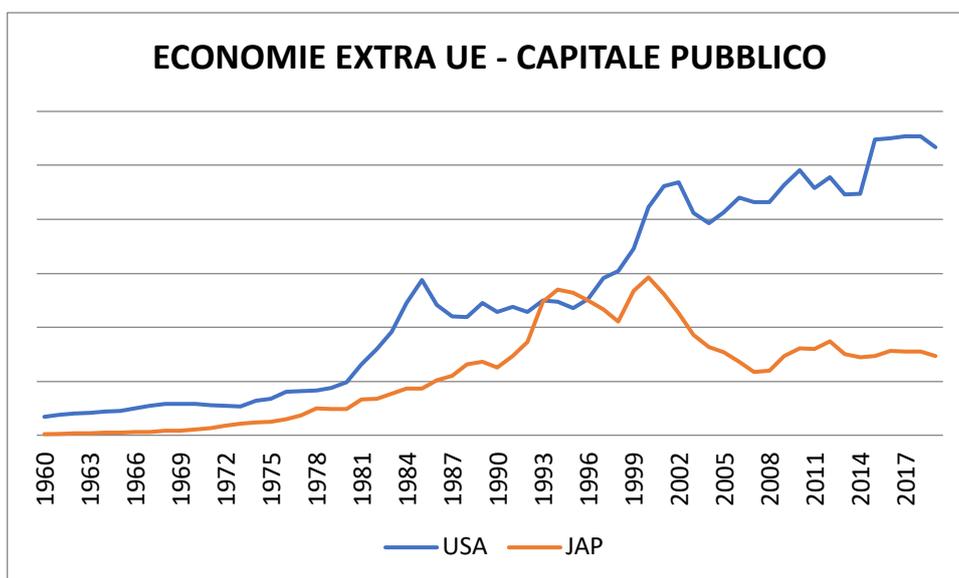


Grafico 3 – Stock di capitale pubblico economie extraeuropee (Ameco)

² La tematica relativa alla disponibilità dei dati circa la dotazione di capitale pubblico di un paese è particolarmente rilevante e ad essa sarà dedicato ampio spazio nel corso dell'elaborato. Per il momento basti sapere che la disponibilità di questi dati non è particolarmente ampia, nemmeno per i paesi maggiormente sviluppati.

Il grafico sottostante, cerca invece di mettere in evidenza la già citata diminuzione dello stock di capitale pubblico all'interno dei paesi avanzati, ma sotto una luce diversa, infatti quest'ultimo viene espresso in percentuale sul PIL, per alcune delle principali economie mondiali.

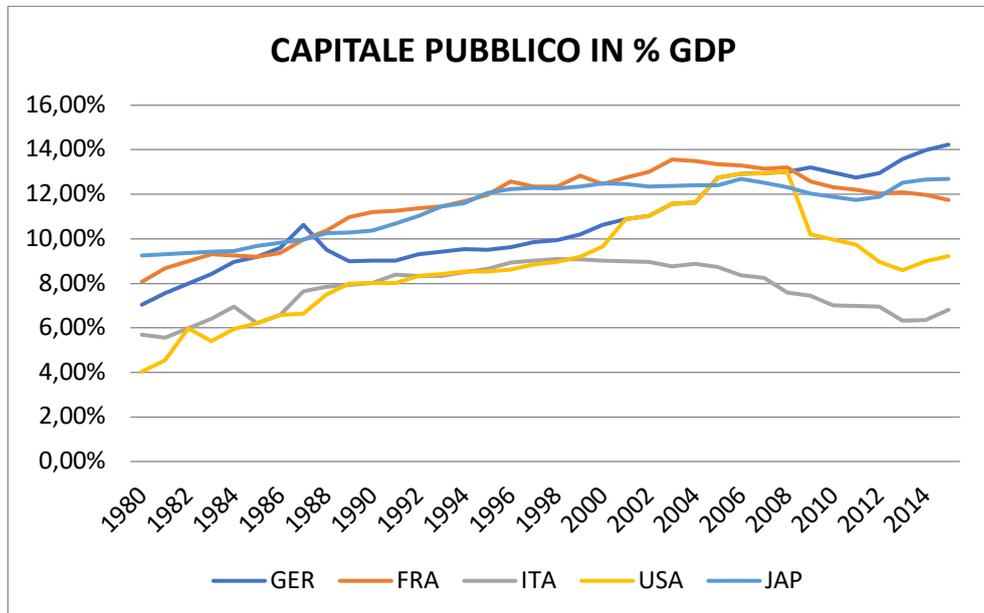


Grafico 4 – Stock di capitale pubblico in percentuale sul PIL

Anche in questo caso risulta chiaro come vi sia una riduzione della percentuale di PIL dedicata allo stock di capitale pubblico. Va evidenziato tuttavia, che questo indicatore deve essere valutato con molta attenzione poiché è sicuramente vero che la dotazione di capitale pubblico nel periodo di riferimento è diminuita, ma nello stesso periodo si è ridotto anche il PIL (denominatore).

Un'ulteriore ragione, alla base dell'interesse accademico per questa tematica, risiede nel fatto che diversi autori (cfr. Aschauer, 1984), hanno sostenuto con enfasi, che alla base del rallentamento dell'economia americana³ registratosi nel corso degli anni settanta e ottanta, vi fosse un declino nella dotazione di capitale pubblico. Ad ogni modo, i primi lavori empirici, condotti per lo più utilizzando dati su base nazionale, hanno evidenziato un impatto estremamente significativo e profondo dello stock di capitale pubblico sulla

³ La maggior parte dei primi lavori empirici su questa tematica, sono stati condotti soprattutto con riferimento ai dati dell'economia americana, in quanto era l'unico paese ad avere dati completi ed esaurienti circa la propria dotazione di capitale pubblico, grazie ad un sistema di contabilità che prevedeva l'analisi di questa variabile.

crescita dell'output produttivo. Ad esempio, Aschauer, utilizzando l'approccio della funzione di produzione (production function approach, di cui si entrerà nel dettaglio in seguito), per dati relativi all'economia statunitense, evidenziò che un incremento del 10 per cento della dotazione di capitale pubblico avrebbe avuto come conseguenza un incremento del 4 per cento dell'output produttivo (misurato come incremento del PIL). In seguito anche altri studi hanno confermato i risultati, a dir poco sbalorditivi, ottenuti da Aschauer. Naturalmente le implicazioni che i policymakers potevano trarne a quel tempo, erano estremamente chiare: per dare slancio all'economia di un paese era necessario adottare misure che avessero come risultato un incremento dello stock di capitale pubblico, quindi politiche di rilancio degli investimenti. Non è un caso infatti che durante la presidenza Clinton si sia assistito ad una fase in cui il ruolo dello Stato nell'economia fu sicuramente più centrale, in modo particolare per quanto riguarda gli investimenti pubblici.

Naturalmente, diversi economisti, hanno messo in dubbio i risultati ottenuti da Aschauer, basando le proprie critiche soprattutto sul fatto che essi erano inspiegabilmente elevati (cfr. Gramlich, 1994). Inoltre, soprattutto per quanto riguarda i primi studi, gli autori hanno dovuto confrontarsi con problematiche sia di tipo metodologico che di tipo econometrico. In riferimento a quest'ultimo ambito, le difficoltà più significative erano ascrivibili a problemi di causalità inversa (reverse causation) e di non stazionarietà dei dati. Entrambe saranno oggetto di analisi nel corso dell'elaborato, ma è comunque necessario anticiparle brevemente.

Probabilmente la questione di maggiore importanza e di più difficoltosa risoluzione riguarda la direzione della causalità tra due delle variabili prese in considerazione, ovvero lo stock di capitale pubblico e l'output produttivo. Infatti se sicuramente la prima può influenzare la seconda, è pur vero che la crescita economica può condizionare la domanda e l'offerta di public capital. Ciò potrebbe generare degli errori di sovrastima circa la misura della dotazione di capitale pubblico, se l'endogeneità non è indirizzata a priori, imponendo quindi un vincolo sulla direzione della causalità. Ad ogni modo, la letteratura più recente, ha suggerito diverse modalità per risolvere questo problema, ad esempio, attraverso l'utilizzo dei modelli autoregressivi (VAR-VECM).

La seconda problematica di rilievo, concerne la non adeguata considerazione circa la non stazionarietà dei dati (cfr. Sturm e De Haan, 1995). Il test unit root, appositamente strutturato per verificare la stazionarietà dei dati, suggerisce che sia l'output produttivo che il capitale pubblico contengono una unit root (ovvero sono variabili non-stazionarie). Tuttavia, tale test riscontra delle criticità, in quanto non riesce a discriminare con esattezza tra le variabili che sono sicuramente unit root e quelle che sono quasi unit root. Tale problematica emerge con maggiore enfasi soprattutto quando ci si trova di fronte a campioni con un numero di osservazioni particolarmente basso, com'è il caso delle variabili oggetto di tale indagine. Una delle soluzioni adottate da alcuni studiosi, è stata quella di utilizzare le differenze prime (first differences), in luogo dei livelli, poiché se la variabile considerata a livelli non è stazionaria, lo diventa utilizzando le differenze prime. In questo modo il problema del test unit root viene sostanzialmente rimosso.

Tuttavia l'utilizzo delle differenze prime potrebbe bypassare l'esistenza di una relazione di lungo periodo tra le variabili prese in considerazione, nel caso in cui queste ultime non fossero cointegrate (cfr. Munnell, 1992). In realtà, la maggior parte degli studi più recenti, riporta evidenze circa una relazione di cointegrazione tra la dotazione di capitale pubblico e l'output produttivo. Proprio grazie alla presenza di quest'ultima, vi è anche la possibilità di indagare la relazione di lungo periodo tra le variabili citate. Ad ogni modo è necessario sottolineare che l'esistenza di una relazione di cointegrazione, non implica necessariamente che sia un incremento dello stock di capitale pubblico a causare la crescita economica, pertanto non si risolve il problema riguardante la direzione della causalità, a cui precedentemente si accennava.

Un ulteriore aspetto che merita di essere preso in considerazione, riguarda la reperibilità dei dati. La tematica oggetto di analisi nel presente lavoro, ha sofferto per molto tempo di un problema riguardante la mancanza di dati circa la dotazione di capitale pubblico dei singoli paesi, in quanto questi ultimi, nella maggior parte dei casi, non avevano un sistema di contabilità in grado di offrirne una rilevazione adeguata e realistica. Con il passare del tempo, tuttavia, soprattutto i paesi sviluppati, hanno iniziato a raccogliere dati su questa variabile⁴,

⁴ È il caso di ricordare che sulla base di tali dati, l'OCSE ha costruito un proprio database analitico, per tutti i paesi appartenenti a quest'organizzazione. L'aggiornamento di tale database è

ma ognuno con approcci e metodologie propri. Ciò ha portato sia alla costruzione e alla disponibilità di dati per quanto concerne la dotazione di capitale pubblico, ma contemporaneamente ha fatto sorgere un'altra problematica, quella cioè attinente alla loro comparabilità.

È chiaro che se ogni paese utilizza approcci di rilevazione soggettivi e disomogenei, i dati ottenuti non possono essere comparabili, rendendo incerto o comunque limitando il lavoro dei ricercatori per quanto riguarda le policy implications. Ad oggi, non tutti i paesi hanno adottato metodi di stima simili, evitando di utilizzare quelli suggeriti dagli standard internazionali come il System of National Account (SNA), con il risultato che non esistono ancora serie sullo stock di capitale pubblico, che permettano il confronto tra i vari paesi per via della componente di stima soggettiva a cui prima si è accennato.

Il presente lavoro è organizzato come segue: nella prima sezione dopo aver dato una definizione di capitale pubblico in linea con gli standard internazionali, si introducono le problematiche relative alla sua stima e alla comparabilità dei dati. In seguito si farà accenno agli aspetti cruciali riguardanti il rapporto tra lo stock di capitale pubblico e l'output produttivo (inteso come misura della crescita economica). Nella seconda sezione si procederà all'analisi della principale letteratura teorica sviluppatasi su questa tematica andando ad approfondire i pregi e i difetti dei vari approcci metodologici. In seguito ci sarà un'attenta ed accurata valutazione degli approcci empirici, con particolare riguardo ai modelli basati sui vettori autoregressivi (principalmente al VAR⁵ e al VECM⁶). La sezione successiva invece presenterà il tentativo di costruzione delle serie storiche sulla dotazione di capitale pubblico, in modo da superare i problemi di comparabilità dei dati a cui si è fatto cenno in questa stessa sezione. In seguito verranno presentate le principali evidenze empiriche degli effetti dello stock di capitale pubblico su alcune variabili macroeconomiche (output produttivo, occupazione, capitale privato) per i paesi oggetto di indagine: Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Portogallo, Regno Unito, Spagna e Stati Uniti. Verrà anche data evidenza dei risultati delle risposte alle funzioni di impulso. L'ultima sezione

terminato nel 1997 a causa dei problemi di comparabilità dei dati dovuti a sistemi di rilevazione non omogenei tra i vari paesi.

⁵ Vector autoregressive (vettore autoregressivo)

⁶ Vector error correction model (vettore a correzione d'errore)

cercherà di fare un riassunto delle principali conclusioni proponendo, sulla base dei risultati raggiunti, l'adozione di alcune policy specifiche.

2 – RIGUARDO IL CAPITALE PUBBLICO

Questa sezione si prefigge l'obiettivo di fornire una definizione di capitale pubblico in linea con quelle elaborate dagli organismi internazionali (cfr. OCSE e FMI). Questo passaggio risulta tanto delicato quanto importante, poiché da esso dipende anche la scelta dei dati per la costruzione delle serie storiche sullo stock di capitale pubblico. Allo stesso tempo saranno approfonditi gli aspetti più significativi relativi alla misurazione e alla stima di questa variabile, come il metodo dell'inventario permanente (perpetual inventory method) e le varie metodologie di deprezzamento che possono essere applicate.

Questa prima parte più nozionistica, è necessaria ai fini dell'introduzione delle questioni più rilevanti sul rapporto tra lo stock di capitale pubblico, l'output produttivo ed altre variabili macroeconomiche, le quali sono ovviamente alla base dei principali approcci teorici su questa tematica.

2.1 – DEFINIZIONE DI CAPITALE PUBBLICO

Che cos'è il capitale pubblico? Quali sono esattamente i suoi limiti e le sue forme? Com'è andata trasformandosi nel corso del tempo la sua composizione? Innanzitutto all'interno di questo lavoro, quando si parla di capitale pubblico, senza ulteriori precisazioni, si esclude quello che nel mondo accademico viene chiamato "capitale umano", ossia la forza lavoro, le competenze, la formazione e le capacità individuali. Fatta questa premessa, quindi il capitale pubblico è per definizione, l'insieme degli attivi non umani che possono essere posseduti o scambiati sul mercato⁷. Di conseguenza esso comprende, l'insieme del capitale immobiliare (edifici, abitazioni, ecc.) e del capitale finanziario e professionale (infrastrutture, macchinari, brevetti, ecc.) impiegato, in questo specifico ambito di ricerca, da parte del settore pubblico.

Esistono diverse ragioni per escludere il capitale umano dalla definizione di capitale pubblico. Innanzitutto il capitale umano non può essere posseduto da un'altra persona, né scambiato sul mercato, o comunque non su base permanente

⁷ Piketty, T. (2016), "Il capitale nel XXI secolo", Bompiani.

e continuativa. Ciò costituisce una differenza sostanziale, rispetto alle altre forme di capitale. Naturalmente, all'interno delle regole dettate dal contratto di lavoro, è possibile prestare servizi che vengono scambiati in un mercato. Tuttavia, nei sistemi legali moderni, quanto detto può avvenire solo su base temporanea e limitata nel tempo e nell'uso, salvo che nelle società schiaviste in cui è consentito possedere in maniera piena e completa del capitale umano di un'altra persona. In una società di questo tipo, è possibile vendere schiavi su un mercato e trasmettere questo stato ai discendenti per successione. Di conseguenza diventa automatico sommare il valore degli schiavi agli altri elementi che compongono il patrimonio. Le altre ragioni fanno tutte riferimento alla atavica difficoltà di fornire dati affidabili sull'investimento pubblico in capitale umano. In effetti l'istruzione può essere vista in parte come consumo (fatto nel proprio interesse) e in parte come investimento. Ai fini dell'indagine sarebbe opportuno includere solo la parte riguardante l'investimento, ma risulta estremamente complesso scindere le due fattispecie. Inoltre, per quello che riguarda l'istruzione superiore, il costo-opportunità di quest'ultima dovrebbe comprendere anche la mancata percezione di un salario. In buona sostanza la spesa sostenuta in questo ambito dovrebbe tenere conto non solo del costo effettivo di quest'ultima, ma anche di tale costo-opportunità (che al contrario viene escluso). Per di più, l'istruzione scolastica rappresenta solo una parte dell'istruzione. Molto di quanto appreso in realtà deriva anche dalla formazione sul posto di lavoro. Sarebbe quindi necessario considerare sia il costo effettivo sia il costo-opportunità della formazione sul lavoro. Infine sarebbe logico confrontare l'investimento al netto del deprezzamento. Quest'ultimo è sicuramente maggiore nel capitale fisico rispetto al capitale umano. È anche vero che le conoscenze e le competenze (cioè le capacità) invecchiano molto lentamente. A differenza del capitale fisico quindi queste ultime non solo si deteriorano più lentamente, ma spesso migliorano con il tempo quanto maggiore è l'uso che se ne fa.

Per tutti questi motivi, non ha molto senso tentare di sommare il valore del capitale umano con quello del capitale non umano. Tali due forme di capitale, hanno svolto, nel corso della storia, ruoli complementari e fondamentali nel processo di crescita e di sviluppo economico e continueranno a svolgerli anche

nel futuro⁸. Tuttavia, per comprendere a fondo il contributo offerto dal capitale pubblico alla crescita economica, risulta più conveniente distinguerli e trattarli in maniera separata. Il capitale pubblico, non umano, considerato all'interno di questo lavoro, raggruppa quindi tutte le forme di ricchezza che possono essere possedute dal settore pubblico e scambiate sul mercato su base permanente.

Ulteriormente e per semplicità di esposizione, le parole capitale pubblico e patrimonio pubblico verranno considerate come sinonimi e per questo utilizzate in maniera del tutto interscambiabile. Tuttavia è opportuno precisare che, secondo diverse definizioni, tali termini, non sarebbero del tutto coincidenti. Infatti la parola capitale pubblico, andrebbe impiegata solo in relazione ad alcune forme di patrimonio accumulate dal settore pubblico (come ad esempio edifici, macchinari, infrastrutture, ecc.), escludendo di conseguenza elementi come le risorse naturali, ereditate nel corso del tempo senza averle dovute accumulare. In tal senso quindi, queste ultime costituirebbero un elemento del patrimonio pubblico e non del capitale pubblico. Ad ogni modo vi è, ad esempio, un'oggettiva difficoltà nel fatto che non è sempre facile separare il valore degli edifici da quello dei terreni sui quali questi ultimi sorgono. Un'altra problematica riguardante le risorse naturali afferisce al fatto che il loro valore netto è molto difficile da distinguere rispetto a quello degli investimenti che hanno aiutato a scoprirle e a sfruttarle. Di conseguenza, per ovviare a tali problematiche, tutte queste forme di "ricchezza" saranno incluse nella nozione di capitale pubblico, senza alcuna distinzione rispetto a quella di patrimonio pubblico.

Secondo altre definizioni invece, la parola capitale pubblico, andrebbe impiegata per indicare gli elementi del patrimonio che vengono utilizzati direttamente o indirettamente nei processi produttivi realizzati dal settore pubblico. A tal proposito, ad esempio, l'oro andrebbe considerato un elemento relativo al patrimonio e non al capitale, in quanto non avrebbe altra funzione se non quella di riserva di valore. Anche riguardo a questa casistica, l'esclusione sembrerebbe del tutto impraticabile ed inattendibile. Infatti tutte le forme di capitale pubblico hanno sempre svolto una duplice funzione: da un lato come riserva di valore, dall'altro, come fattore della produzione. Di conseguenza appare

⁸ Nei modelli elaborati sulla teoria della crescita endogena il ruolo svolto dal capitale umano è esattamente uguale a quello svolto dal capitale fisico. Ciò significa che un aumento del tasso di risparmio (investimento in formazione) porterà ad una crescita del capitale (e di conseguenza dell'output produttivo) per un certo periodo di tempo, ma non per sempre.

ovvio, per motivi di semplicità, non imporre una distinzione rigida tra i concetti di patrimonio pubblico e capitale pubblico.

È parso anche poco pertinente escludere dalla definizione di capitale pubblico, l'immobile adibito ad uso ufficio, in base all'ideologia che tali beni non sarebbero produttivi, a differenza dei beni pubblici considerati produttivi come i macchinari e le infrastrutture. In realtà tutte queste forme di capitale pubblico sono utili e produttive ed assolvono alle due grandi funzioni economiche che storicamente vengono svolte dal capitale. Se infatti si tralascia per un momento la sua funzione di riserva di valore, la dotazione di capitale pubblico è utile da un lato per lo svolgimento di servizi amministrativi tout court e dall'altro, come ulteriore fattore di produzione per il settore pubblico nel momento in cui esso agisce come una qualsiasi impresa privata, ovvero producendo beni e servizi, i quali per la loro realizzazione hanno bisogno di edifici, uffici, macchinari, infrastrutture ecc.

È evidente come cercare di dare una definizione esatta di capitale pubblico rappresenta quindi un'operazione particolarmente complessa. Ad ogni modo i primi elementi che vengono associati alla nozione basilare di capitale pubblico, generalmente sono le strade o altre tipologie di infrastrutture, come ad esempio gli impianti per la generazione dell'energia elettrica o il sistema idrico e fognario. A tal proposito una prima questione terminologica da chiarire è proprio quella relativa ai concetti di capitale pubblico e di infrastrutture, che nella realtà coincidono solo in parte. Infatti il capitale pubblico corrisponde alla sommatoria degli investimenti fissi lordi operati da soggetti pubblici. Un'infrastruttura invece, per quanto solitamente assimilata al concetto di capitale pubblico, è in realtà un bene capitale (che ha origine quindi da spese per investimento) e pubblico (cioè con funzione di uso non individuale ma di pubblica utilità), con alcune caratteristiche, tra le quali, immobilità, indivisibilità, non sostituibilità, e polivalenza, che la distinguono dagli altri beni capitali tipici del settore pubblico. Per fare un esempio, una costruzione, ma non un impianto è da considerare infrastruttura.

Riassumendo quindi lo stock di capitale pubblico può essere definito, come il valore totale di tutto ciò che è posseduto da parte del settore pubblico in un dato momento e che può essere eventualmente oggetto di scambio sul mercato.

Si vedrà nei prossimi paragrafi che quest'ultima parte relativa allo scambio sul mercato è quella da cui nasce la problematica relativa ai particolari processi di misurazione e stima del capitale pubblico, in quanto, in alcuni casi i beni pubblici non hanno un mercato in cui possono essere scambiati.

2.2 – IL METODO DELL'INVENTARIO PERMANENTE

Nel determinare lo stock di capitale pubblico, solitamente i ricercatori utilizzano una metodologia di calcolo che consiste nella sommatoria della spesa di tutti gli investimenti (a partire da quella sostenuta negli anni passati), aggiustata per l'ammortamento e per il tasso di inflazione⁹. Si tratta in buona sostanza di una specie di processo di attualizzazione della spesa pubblica sostenuta per gli investimenti. Questa modalità di calcolo prende il nome di metodo dell'inventario permanente (dall'inglese perpetual inventory method).

Nell'applicarlo è tuttavia necessario fare alcune assunzioni circa la vita utile degli asset (da un punto di vista economico) e quindi sulla durata stessa dell'ammortamento. A ciò bisogna aggiungere che è comunque necessario disporre di un livello iniziale dell'investimento, ovvero di un punto di partenza, per il calcolo dello stock di capitale pubblico. Infatti mentre la spesa per investimento è un flusso, la dotazione di capitale pubblico è una grandezza di stock. Soprattutto con riguardo alle infrastrutture, queste assunzioni sono tutt'altro che banali. Infatti, all'interno delle infrastrutture, si assiste ad un'ampia varietà di casistiche rispetto al concetto di vita utile. Tanto per fare un esempio, la vita utile di un ponte non può essere assolutamente paragonata a quella di una linea di trasmissione dell'energia elettrica, in quanto quest'ultima perde gran parte del suo valore in un arco temporale molto più ristretto. Questo significa che anche i rispettivi ammortamenti saranno profondamente diversi.

Per questi motivi, la dotazione iniziale di capitale pubblico viene calcolata assumendo che il livello dell'investimento reale (cioè a prezzi costanti), si sia mantenuto costante nel tempo, a partire dal primo investimento osservato e che lo

⁹ Ciò è vero nel caso di serie storiche sugli investimenti espresse sotto forma di prezzi correnti. Se al contrario tali serie fossero espresse sotto forma di prezzi costanti non sarebbe necessario l'adeguamento per il tasso di inflazione.

stock di capitale pubblico si trovasse nella condizione di steady state¹⁰ all'inizio della serie temporale osservata. Con percentuali di ammortamento particolarmente basse, anche il tasso di convergenza rispetto al livello di stato stazionario rimane basso, rendendo necessari livelli di investimento costanti per periodi di tempo molto ampi. Questa è una delle ragioni per cui, se si vuole indagare approfonditamente sulla natura della relazione esistente tra capitale pubblico e crescita economica, servono dati, che coprano periodi di tempo particolarmente lunghi, di sicuro oltre i dieci anni, che convenzionalmente in economia rappresentano la discriminante tra medio periodo e lungo periodo.

Il metodo dell'inventario permanente rappresenta quindi l'approccio più diffuso per misurare qualsiasi dotazione di capitale, incluso quello pubblico. Tale metodologia, come già evidenziato, si basa su un'idea estremamente semplice ed efficace: lo stock di capitale ad un certo istante temporale è costituito dai flussi cumulati degli investimenti passati, corretto per le perdite di valore dovute all'obsolescenza tecnologica e alla vecchiaia. La sequenza logica per l'implementazione di questo metodo può essere brevemente riassunta nei passi che seguono.

I punti di partenza possono essere due: uno rappresentato dalla definizione di un profilo cosiddetto "età-efficienza", l'altro, alternativo, rappresentato da un profilo chiamato "età-prezzo/deprezzamento". Naturalmente uno dei due profili va scelto per ogni tipo di asset rientrante nel concetto di capitale pubblico. Il passaggio successivo è quello di specificare i parametri di "pensionamento" (dall'inglese retirement, ovvero quando un determinato bene ha esaurito la sua utilità rispetto al processo produttivo nel quale era coinvolto) dei vari beni, ovvero stabilire quando essi hanno raggiunto la massima età "di servizio", tanto da non essere più in grado di svolgere la loro funzione in maniera adeguata. Questo profilo di pensionamento viene quindi combinato con uno dei due descritti in precedenza. In tal modo si ottiene ciò che può essere denominato come profilo di "età-efficienza-pensionamento" ed un altro invece che prende il nome di "età-prezzo/deprezzamento-pensionamento". È necessario sottolineare che nel caso di

¹⁰ In questo caso ci si riferisce alla condizione di stato stazionario la quale indica una condizione di equilibrio dinamico. Un sistema che si trovi in questa condizione tende a mantenere il suo comportamento col trascorrere del tempo. Nei sistemi stocastici le varie probabilità che differenti stati si ripetano restano costanti. In economia, ci si riferisce a questa condizione nel momento in cui si verifica l'uguaglianza tra il tasso di crescita dello stock di capitale e il tasso di crescita del PIL.

utilizzo del deprezzamento geometrico (del quale sarà data successivamente una definizione), i due profili coincidono e di conseguenza il punto di partenza sarà lo stesso per tutte le tipologie di bene. Naturalmente è possibile passare da un profilo all'altro.

Il passaggio successivo è rappresentato dall'applicazione al profilo scelto delle serie storiche sugli investimenti pubblici. È importante notare che l'applicazione del profilo dell'"età-efficienza" alle serie storiche sull'investimento pubblico porta alla stima dello stock di capitale produttivo, mentre l'applicazione dell'"età-prezzo/deprezzamento" porta alla misurazione dello stock di capitale netto (conosciuto come wealth capital).

Di conseguenza notevole importanza è rivestita dalla scelta del profilo e del relativo tasso di deprezzamento.

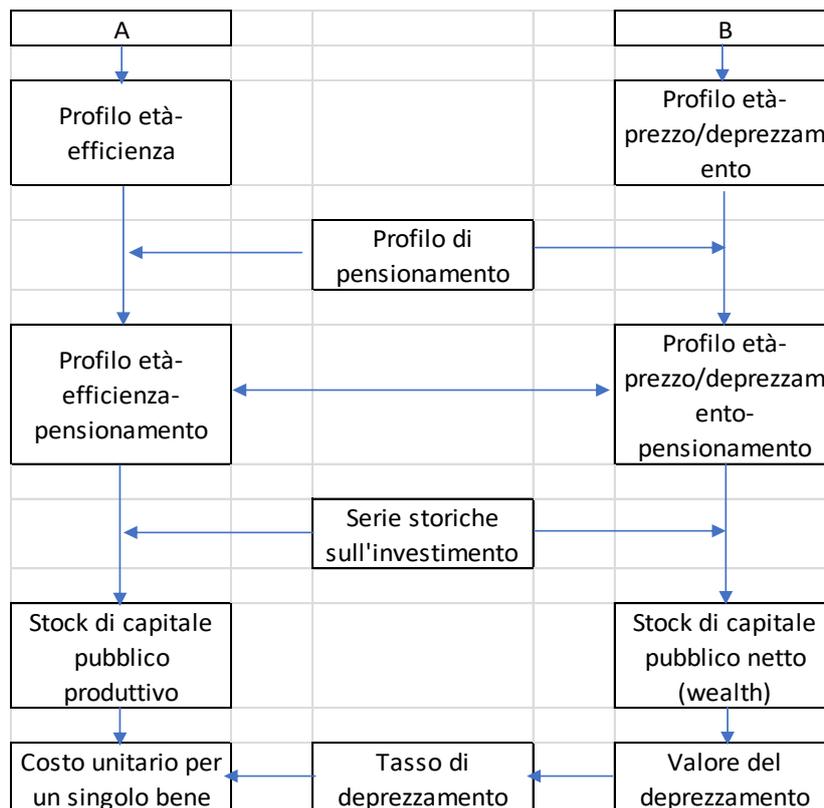


Tabella 2 – Sintesi metodo dell'inventario permanente

2.3 – LA PROBLEMATICA OGGETTO DI INDAGINE

La maggior parte degli studi empirici che hanno indagato il rapporto tra la dotazione di capitale pubblico e alcune variabili macroeconomiche, come l'incremento dell'output produttivo, hanno cercato principalmente di dare risposta a due domande, le cui implicazioni a livello di policy sono senza dubbio estremamente rilevanti.

Innanzitutto ci si chiede se un aumento nella dotazione di capitale pubblico comporta anche un aumento della crescita economica¹¹, ovvero qual è il rapporto tra il capitale pubblico e le principali variabili macroeconomiche (PIL, occupazione e capitale privato). E se la risposta è affermativa ci si interroga anche su quale sia il quantum di tale effetto.

La seconda importante questione riguarda la valutazione dello stock di capitale esistente ad un certo istante temporale. Essa può dirsi ottimale oppure no? Di sicuro, la possibilità di un impatto di lungo periodo di un incremento dello stock di capitale pubblico sull'output produttivo, dipende anche dal modello di crescita utilizzato per l'analisi di questa relazione.

Ai fini dell'indagine, la maggior parte degli addetti ai lavori ha fatto ricorso o al modello di crescita neoclassico esogeno o al modello di crescita neoclassico endogeno.

Nel primo è il progresso tecnologico che guida la crescita nel lungo periodo, di conseguenza gli shock economici che hanno un impatto sullo stock di capitale pubblico possono avere solo effetti transitori. Nel modello di crescita endogena, invece vi è la possibilità che in presenza di tali shock, si possano avere delle conseguenze sul livello di equilibrio (steady state) dell'output produttivo. Per fare un esempio, nel modello di crescita endogena, in cui la dotazione di capitale pubblico presenta ritorni di scala costanti, come quello elaborato da Canning e Pedroni¹², shock economici positivi su questa variabile, elevano il livello dell'output produttivo sul lungo periodo quando il sistema economico nel suo complesso dispone di uno stock di capitale pubblico al di sotto del suo livello ottimale.

¹¹ La tematica circa l'impatto dell'investimento pubblico sulla crescita economica è importante anche dal punto di vista delle politiche regionali. I Governi infatti, attraverso le loro politiche possono influenzare il tasso al quale le regioni accumulano diversi fattori produttivi, nel caso specifico le infrastrutture. Se questi fattori influenzano la produttività e la localizzazione dei fattori di produzione privati (mobili), ci sarà abbastanza spazio per politiche dal lato dell'offerta volte ad influenzare la dispersione del reddito regionale.

¹² Canning, D. e Pedroni, P. (1999), "Infrastructure and long run economic growth". Mimeo.

A prescindere dal modello di crescita selezionato, è necessario evidenziare come lo stock di capitale esistente ad un certo istante temporale sia imprescindibile per definire la produttività marginale del capitale pubblico. Questo risulta ancora più chiaro se si tenta di analizzare la problematica da una prospettiva di “network”. Infatti in una nuova rete, un iniziale aumento della dotazione di capitale pubblico, potrebbe avere come conseguenza quella di un incremento unico e non ripetibile della produttività, piuttosto che segnare l’inizio di un percorso di crescita costante e duraturo sul lungo periodo. Per di più, facendo riferimento ai ritorni di scala decrescenti, un incremento nello stock di capitale pubblico esistente potrebbe avere un effetto non significativo sull’output se esso, all’istante temporale precedente partiva da un livello iniziale già particolarmente alto (per intenderci, quasi vicino al suo livello ottimale). Al contrario tale effetto potrebbe essere molto più significativo nel caso in cui la dotazione di capitale presente all’istante temporale precedente era, particolarmente bassa. Esistono infatti, evidenze empiriche che testimoniano come paesi con uno stock di capitale basso siano quelli che possiedono la più alta produttività marginale¹³ di questa variabile. È un fenomeno già conosciuto in letteratura e che prende il nome di “vantaggio dei ritardatari”.

Nel cercare di dare una risposta alla seconda domanda, ossia se lo stock di capitale esistente ad un certo istante temporale sia oppure no ottimale, sarebbe utile assumere la prospettiva del soggetto economico pubblico (governo), circa le modalità di finanziamento degli investimenti. Entrando per un momento su questioni tecniche, i bilanci dei settori pubblici devono essere dapprima in equilibrio finanziario complessivo, il che vuol dire che il totale delle entrate deve essere uguale al totale delle uscite, ed inoltre devono essere in equilibrio per quello che riguarda la parte corrente, ossia il totale delle entrate che il settore pubblico prevede di incassare nel corso dell’esercizio deve essere uguale o superiore al totale delle uscite che si prevede di spendere. Chiarito ciò, è evidente che se un governo decide di aumentare la spesa per investimenti pubblici, questa deve trovare necessariamente la sua copertura all’interno delle fonti di

¹³ È un concetto cardine della teoria neoclassica ed è definibile come l’incremento di produzione che risulta da incrementi al margine dell’impiego di un altro fattore, mantenendo costanti tutti gli altri. In termini informali, la produttività marginale di un fattore può definirsi come l’aumento di output ricollegabile all’impiego di una unità aggiuntiva di un fattore produttivo, lasciando invariati tutti gli altri input.

finanziamento del bilancio. A questo punto come è possibile finanziare questa maggiore spesa?

La prima e più ovvia risposta risiede in un aumento delle tasse. Tuttavia è palese come un incremento della pressione fiscale produca effetti depressivi sul tasso di crescita dell'economia e ciò naturalmente mitigherebbe l'effetto positivo che invece ha un aumento della spesa per investimenti pubblici. Detto in altri termini, un incremento della dotazione di capitale pubblico realizzato attraverso una politica di rilancio degli investimenti, stimola la crescita economica del paese, solo se l'impatto positivo del capitale pubblico supera l'impatto negativo delle maggiori imposte e tasse che lo finanziano.

L'altra modalità con cui finanziare un aumento della spesa in conto capitale potrebbe essere quello di ridurre la spesa corrente, dirottando il "risparmio" che ne deriva (avanzo di parte corrente), sugli investimenti. Senza ombra di dubbio, si eviterebbero gli effetti negativi evidenziati poc'anzi in relazione ad un aumento della pressione fiscale, ma anche questa soluzione non è completamente esente da potenziali svantaggi. Esistono degli studi, soprattutto ad opera di Hulten¹⁴, che evidenziano come questa modalità di finanziamento, distolga risorse vitali per il settore pubblico, in quanto buona parte della spesa corrente sostenuta da quest'ultimo riguarda la manutenzione del patrimonio (e quindi del capitale) esistente. Va da sé che una scarsa, o addirittura mancata, manutenzione potrebbe portare ad un depauperamento dello stock di capitale esistente, limitando conseguentemente l'effetto positivo di nuova spesa per investimento. A ciò va aggiunto il fatto che in generale, ed ancor di più nei periodi recessione, risulta molto più complesso ridurre la spesa corrente piuttosto che rinviare ad un periodo successivo gli investimenti.

La stesura di questo paragrafo si è resa necessaria per introdurre il concetto che non tutti i paesi possiedono la stessa dotazione di capitale pubblico. Di conseguenza nella lettura dei risultati che si otterranno dal presente lavoro questo aspetto va comunque preso in considerazione. Ad ogni modo è pur vero che i paesi oggetto di analisi¹⁵, rientrano tutti all'interno della nozione di paese sviluppato (e non di paese in via di sviluppo), perciò essi presentano una

¹⁴ Hulten, C.R. (1996), "Infrastructure capital and economic growth: how well you use it may be more important than how much you have", NBER Working paper, N.5847.

¹⁵ Segnatamente: Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Portogallo, Regno Unito, Spagna e Stati Uniti.

dotazione iniziale di capitale pubblico, che anche per vicissitudini storiche, è sostanzialmente molto simile.

2.4 – L'IMPORTANZA DEL CAPITALE PUBBLICO PER LA CRESCITA ECONOMICA

La tematica che si sta andando ad affrontare, non ha ricevuto grande attenzione da parte degli economisti nel corso del tempo. Ciò viene confermato anche da quello che ci fanno notare Holtz-Eakin e Lovely (1996, pag. 106): *“È particolarmente sorprendente, il fatto che nella letteratura, vi sia la completa assenza di modelli formali che spieghino i rapporti che intercorrono tra la dotazione di capitale pubblico e la crescita di un sistema economico.”*

Il punto di partenza di qualsiasi teoria della crescita è rappresentato da una funzione di produzione aggregata, la quale sia in grado di specificare la relazione tra output e input produttivi. A tal proposito si immagini la presenza di due soli input produttivi, il capitale (inteso nella sua generalità, K) e il lavoro (L)

$$Y_t = f(K_t, L_t) \quad (2.1)$$

La funzione di produzione aggregata indica l'output produttivo ottenibile date certe quantità di capitale e lavoro. Ciò rappresenta comunque una semplificazione estrema di quanto realmente accade. In effetti con riferimento al capitale, impianti ed edifici hanno un ruolo molto diverso nel processo produttivo e dovrebbero essere considerati come input diversi, così come lavoratori laureati sono considerati alla stregua di quelli che non hanno terminato la scuola superiore. Da questa prima formulazione appare evidente anche l'assenza del progresso tecnologico, il quale consentirebbe ad esempio di incrementare l'output produttivo con le stesse quantità di capitale e lavoro. Ad ogni modo tali semplificazioni sono state via via abbandonate, ma risultano necessarie per comprendere l'evoluzione del pensiero economico sul comportamento del capitale rispetto alla crescita economica.

Questa prima formulazione presenta due caratteristiche molto significative. La prima è quella che va sotto il nome di rendimenti di scala costanti, ovvero incrementando dello stesso importo le quantità degli input produttivi impiegati, capitale e lavoro, anche l'output produttivo aumenterà dello stesso importo.

$$xY_t = f(xK_t, xL_t) \quad (2.2)$$

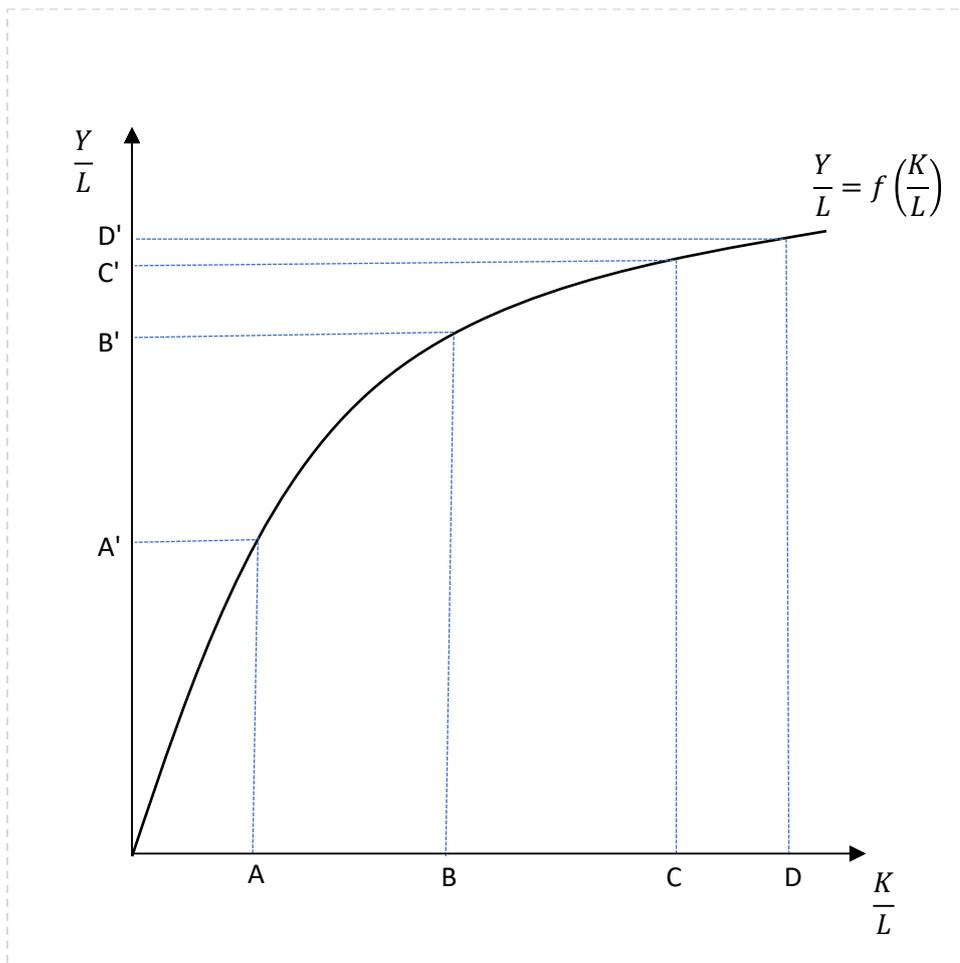
A questo punto una domanda sorge spontanea: che cosa accade se invece aumenta un solo fattore produttivo? La risposta risiede nella seconda caratteristica che va sotto il nome di rendimenti di scala decrescenti¹⁶. Quest'ultima, riscontrabile in entrambi gli input produttivi, si riferisce alla proprietà secondo la quale, dato il lavoro, aumenti di capitale generano aumenti di prodotto tanto minori quanto maggiore è il livello di capitale. Stesso ragionamento può essere fatto per il lavoro, dato il capitale.

In termini pro-capite la formula (2.1) può essere espressa in come segue:

$$\frac{Y_t}{L} = f\left(\frac{K_t}{L}\right) \quad (2.3)$$

Quest'ultima mette in evidenza che l'output produttivo pro-capite dipende dal capitale pro-capite. La sua rappresentazione grafica è quella che segue:

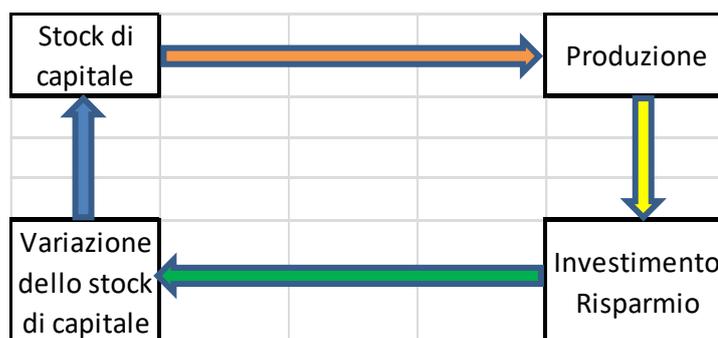
¹⁶ Per comprendere meglio, si immagini un certo numero di operai e che il capitale sia costituito da un solo macchinario. L'introduzione di un ulteriore macchinario aumenterà notevolmente la produzione. All'aumentare del numero di macchinari, sempre più operai ne avranno uno a disposizione e la produzione aumenterà di pari passo, anche se per ogni nuovo macchinario l'incremento sarà inferiore a quello ottenuto con l'introduzione del primo. Quando ogni operaio avrà il suo macchinario, aumentarne di nuovo il numero, difficilmente farà aumentare di molto la produzione. Addirittura i macchinari aggiuntivi potrebbero rimanere inutilizzati e non aumentare affatto la produzione.



Per determinare la produzione nel lungo periodo è necessario fare riferimento a due relazioni tra produzione e capitale:

- 1) L'ammontare di capitale presente nell'economia quantifica il livello di prodotto che è possibile ottenere;
- 2) Il livello di produzione determina a sua volta il livello di investimento (o di risparmio) e quindi la variazione di capitale accumulato nel tempo.

Quanto detto può essere sintetizzato nel seguente schema:



La prima relazione, ovvero quella tra lo stock di capitale pubblico e la produzione, è quella espressa dalla formula (2.3), a cui è tuttavia necessario introdurre un'ulteriore assunzione, oltre all'assenza del progresso tecnologico, ossia che il fattore produttivo lavoro (L) sia costante nel tempo¹⁷. Ciò ha come spiegazione che essa permette di concentrarsi solamente sul ruolo svolto dall'accumulazione di capitale.

Per spiegare invece la relazione di cui al punto 2) del precedente elenco, è necessario procedere in due momenti successivi: dapprima individuare la relazione tra produzione e investimento (freccia gialla dello schema); in seguito derivare la relazione tra investimento e variazione dello stock di capitale (freccia verde dello schema).

Per derivare la prima relazione, quella tra produzione e investimento o risparmio, il punto di partenza è rappresentato dall'uguaglianza fra questi ultimi, ovvero:

$$I_t = S_t \quad (2.4)$$

Dove I è l'investimento ed S è il risparmio totale (ovvero la somma tra risparmio privato e pubblico). Ad ogni modo $S = sY$ (s è il tasso di risparmio), cioè il risparmio è proporzionale alla produzione. Di conseguenza la (2.4) diventa:

$$I_t = sY_t \quad (2.5)$$

Il secondo passaggio spiega la relazione tra l'investimento (il quale rappresenta una grandezza di flusso) con la variazione del capitale (che è una grandezza di stock). Assumendo che il capitale si deprezzi a un tasso δ , tale relazione può assumere la seguente formulazione matematica:

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t \quad (2.6)$$

In buona sostanza lo stock di capitale all'inizio del periodo t+1, K_{t+1} , sarà uguale allo stock di capitale all'inizio dell'anno t meno il tasso di deprezzamento dovuto

¹⁷ Per farlo è necessario assumere che sia il tasso di partecipazione al mercato del lavoro che la popolazione rimangano costanti al trascorrere del tempo.

all'obsolescenza, $(1-\delta)K_t$, più il nuovo stock di capitale accumulato durante l'anno t , cioè l'investimento nel corso dell'anno t , I_t .

A questo punto è possibile ottenere la relazione tra produzione e accumulazione di capitale, combinando quella tra produzione e investimento con quella tra investimento e variazione dello stock di capitale. Per farlo è necessario esprimere la (2.6) in termini pro-capite e sostituire l'investimento con quanto ricavato alla (2.5), ottenendo:

$$\frac{K_{t+1}}{L} = (1 - \delta) \frac{K_t}{L} + s \frac{Y_t}{L} \quad (2.7)$$

Riordinando i termini è possibile riscrivere l'equazione precedente come segue:

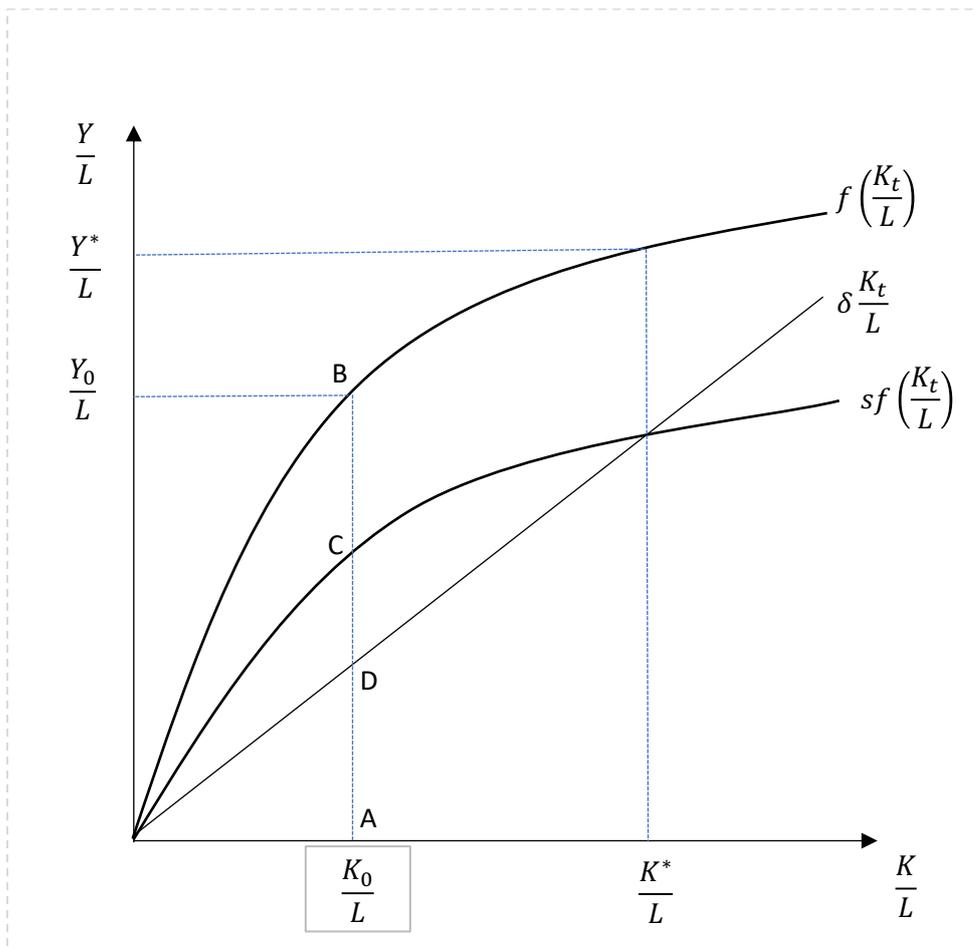
$$\frac{K_{t+1}}{L} - \frac{K_t}{L} = s \frac{Y_t}{L} - \delta \frac{K_t}{L} \quad (2.8)$$

Tuttavia per quanto evidenziato nella (2.3) l'equazione precedente può essere riscritta come di seguito:

$$\frac{K_{t+1}}{L} - \frac{K_t}{L} = sf\left(\frac{K_t}{L}\right) - \delta \frac{K_t}{L} \quad (2.9)$$

Tale relazione afferma che la variazione dello stock di capitale pro-capite dal tempo t al tempo $t+1$, è uguale alla differenza tra l'investimento pro-capite e il deprezzamento pro-capite. Naturalmente nel caso in cui l'investimento pro-capite ecceda il deprezzamento pro-capite, la variazione del capitale pro-capite sarà positiva (aumento), in caso contrario sarà negativa (diminuzione).

Questa relazione può essere rappresentata graficamente come segue:



La curva descritta dall'equazione $f\left(\frac{K_t}{L}\right)$ esprime come il prodotto pro-capite aumenta all'aumentare del capitale pro-capite. Tuttavia a causa dei rendimenti di scala decrescenti l'effetto diventa a mano a mano minore all'aumentare del livello di capitale per addetto.

La curva descritta dall'equazione $sf\left(\frac{K_t}{L}\right)$ ha la stessa struttura della precedente, ma si colloca più in basso a causa della presenza del tasso di investimento (o di risparmio, s). Nell'ipotesi in cui il livello del capitale pro-capite sia pari a $\frac{K_0}{L}$, allora il prodotto pro-capite è dato dalla distanza AB e l'investimento dalla distanza AC.

La retta descritta dall'equazione $\delta \frac{K_t}{L}$ rappresenta il deprezzamento, il quale è proporzionale al capitale pro-capite. Graficamente esso è rappresentato dalla distanza AD. La variazione del capitale pro-capite è data dalla differenza tra investimento pro-capite e deprezzamento pro-capite. Quando il capitale pro-capite è al livello $\frac{K_0}{L}$, essa è pari a $CD=AC-AD$, il che significa che esso aumenterà. Fino

a quando? Fino al punto in cui il capitale è al livello $\frac{K^*}{L}$, in cui l'investimento per addetto è appena sufficiente per far fronte al deprezzamento per addetto ed in quel momento la crescita (ossia l'aumento dell'output produttivo pro-capite), si arresterà. Da questa rappresentazione grafica è stato abbastanza facile comprendere la dinamica della relazione che lega il capitale pro-capite e l'output produttivo pro-capite nel corso del tempo, date le assunzioni fatte.

Da quanto detto è possibile ricavare la situazione di stato stazionario ossia quella in cui il livello di output produttivo pro-capite e capitale pro-capite tendono a convergere nel lungo periodo.

$$sf\left(\frac{K_t}{L}\right) = \delta \frac{K_t}{L} \quad (2.10)$$

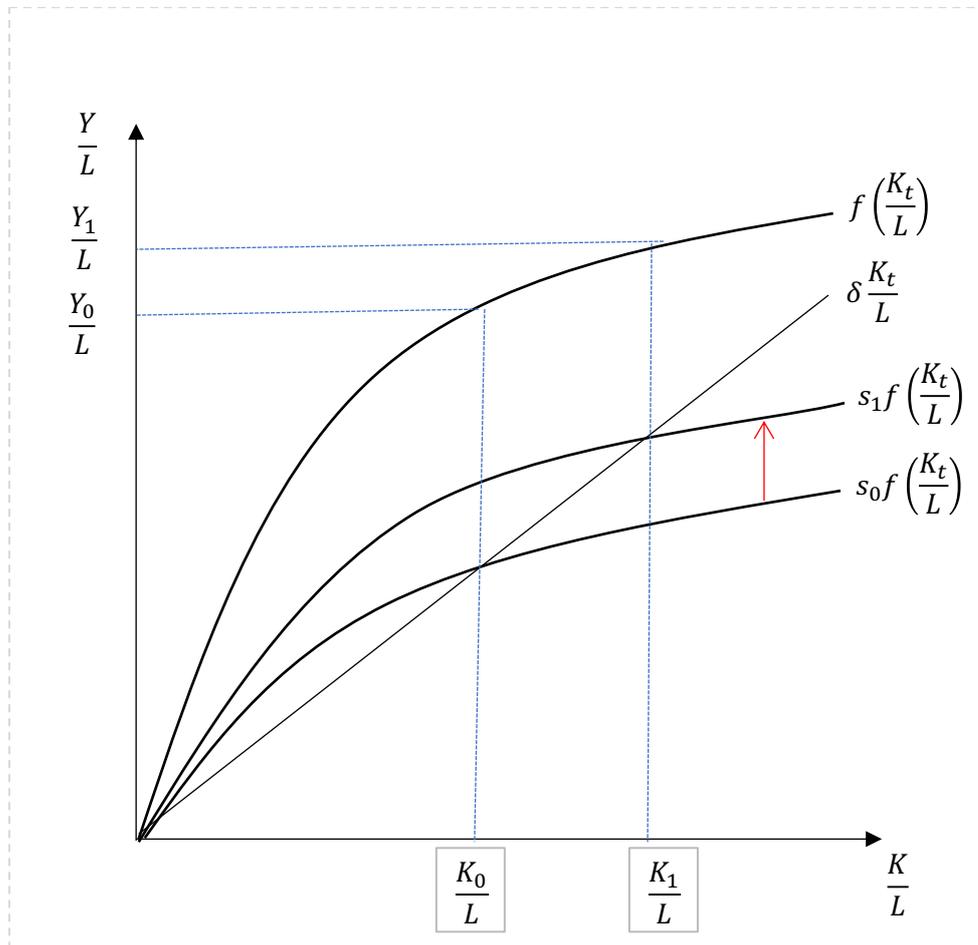
È possibile notare come la situazione di steady state del capitale pro-capite è tale per cui l'investimento pro-capite è pari al deprezzamento pro-capite.

A questo punto è necessario fare alcune considerazioni circa quanto finora affermato:

1) Il tasso di investimento (o di risparmio) non ha effetti sul tasso di crescita dell'output produttivo pro-capite. Per comprendere questa affermazione, basta pensare a cosa sarebbe necessario per sostenere un tasso di crescita costante dell'output produttivo pro-capite nel lungo periodo. La risposta è alquanto semplice: il capitale pro-capite dovrebbe costantemente aumentare. In quale misura? Visto che i rendimenti di scala di quest'ultimo sono decrescenti, esso dovrebbe aumentare più velocemente dell'output produttivo pro-capite. Questo porta alla conseguenza che ogni anno il sistema economico deve necessariamente investire (o risparmiare) una parte sempre maggiore della sua produzione, la quale sarà naturalmente destinata all'accumulazione di capitale. Tuttavia si arriverà ad un punto in cui per sostenere la crescita non sarebbe sufficiente nemmeno investire l'intera produzione. Questo rappresenta la prova provata con riguardo all'affermazione della Banca Mondiale, riportata nell'introduzione del presente elaborato, per cui il capitale da solo non è in grado di sostenere una crescita duratura.

2) Il tasso di investimento (o di risparmio) determina il livello di output produttivo pro-capite nel lungo periodo. Questo significa che, i paesi con

un tasso di investimento più alto presentano un livello di output produttivo pro-capite più elevato (naturalmente a parità di tutti gli altri fattori produttivi considerati). La dimostrazione è data dalla seguente rappresentazione grafica.



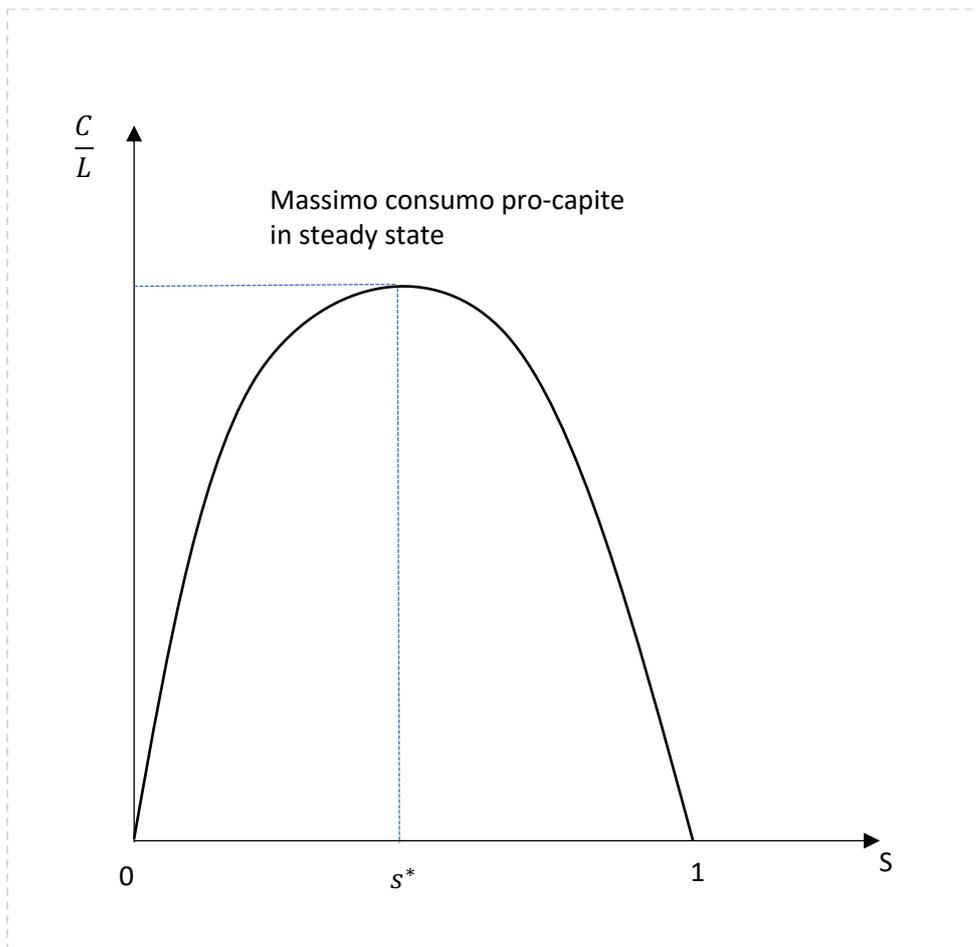
Il grafico potrebbe rappresentare due paesi i quali hanno la stessa funzione di produzione, lo stesso livello di occupazione e lo stesso tasso di deprezzamento del capitale, ma con tassi di investimento (o risparmio) diversi s_0 e s_1 , tali che $s_1 > s_0$. È possibile notare come, nel lungo periodo, il paese con un tasso di investimento pro-capite pari a s_0 , sarà in grado di raggiungere un livello di capitale pro-capite pari a $\frac{K_0}{L}$ e un livello di output produttivo pro-capite pari a $\frac{Y_0}{L}$. Invece il paese con un tasso di investimento pro-capite pari a s_1 , sarà in grado di raggiungere un livello di capitale pro-capite pari a $\frac{K_1}{L}$ e un livello di output produttivo pro-capite pari a $\frac{Y_1}{L}$, entrambi più elevati dei precedenti.

3) Un incremento del tasso di investimento (o di risparmio) avrà come conseguenza una crescita dell'output produttivo pro-capite, non per sempre, ma

per un certo periodo. Quest'ultima considerazione rappresenta una diretta conseguenza di quanto enunciato ai precedenti punti 1) e 2). Per spiegarne il significato si può fare di nuovo ricorso alla rappresentazione grafica precedente. Si immagini un paese in cui il tasso di investimento pro-capite iniziale è pari a s_0 , a cui è associato un livello di prodotto pro-capite pari a $\frac{Y_0}{L}$ e di capitale pro-capite pari a $\frac{K_0}{L}$. A questo punto si ipotizzi che il tasso di investimento pro-capite aumenti da s_0 a s_1 ¹⁸. Che cosa succede? Il sistema economico del paese affronterà un periodo di crescita fino al momento in cui il capitale pro-capite non sarà al livello $\frac{K_1}{L}$ e il prodotto pro-capite al livello $\frac{Y_1}{L}$, poi di nuovo il periodo espansivo, in assenza dell'intervento di altri fattori, si arresterà.

Da quanto enunciato finora appare chiaro che vi sarà un livello del capitale pro-capite associato ad un valore critico del tasso di investimento (o di risparmio). Ulteriori incrementi di quest'ultimo oltre tale valore, non faranno altro che ridurre il consumo non solo nel breve ma anche nel lungo periodo. Questo livello del capitale prende appunto il nome di capitale di regola aurea (golden rule). Tale situazione può essere rappresentata graficamente come segue:

¹⁸ Ciò, ad esempio potrebbe realizzarsi attraverso una politica di riduzione del disavanzo di bilancio.



A questo punto è necessario analizzare come l'introduzione di cambiamenti allo stato della tecnologia influisce sulle conclusioni tratte finora. A tal proposito, il termine progresso tecnologica può avere diverse interpretazioni in ambito economico: può permettere la realizzazione di prodotti migliori, può portare alla creazione di prodotti ex-novo, può ampliare la gamma dei prodotti esistenti, oppure, a parità degli altri input produttivi, può permettere una maggiore quantità di output produttivo.

Indicando lo stato della tecnologia con la lettera A , la funzione di produzione aggregata (2.3) diventa:

$$Y_t = f(K_t, L_t, A_t) \quad (2.11)$$

Quest'ultima, può anche assumere la seguente forma ridotta:

$$Y_t = f(K_t, A_t L_t) \quad (2.12)$$

L'equazione consente di comprendere in modo migliore quale può essere il ruolo che il progresso tecnologico gioca nei confronti dell'output produttivo. Esso infatti consente di ridurre il numero dei lavoratori necessari per raggiungere una certa quantità di output produttivo (se A raddoppiasse è possibile ottenere lo stesso Y ma con la metà dei lavoratori L), oppure aumentare l'output produttivo ottenibile grazie a una certa forza lavoro. A questo proposito è possibile pensare al termine $A_t L_t$ come alla quantità di lavoro effettivo.

È ragionevole supporre che questa equazione abbia le stesse proprietà espresse dalla (2.2)¹⁹.

In precedenza, in assenza di progresso tecnologico, l'equazione (2.3) esprimeva la relazione in termini pro-capite. In questo caso è necessario pensare alla (2.12) in termini di input produttivi per unità di lavoro effettivo, secondo la seguente espressione:

$$\frac{Y_t}{AL} = f\left(\frac{K_t}{AL}\right) \quad (2.13)$$

Questa equazione ci dice che l'output produttivo per unità di lavoro effettivo dipende da una funzione del capitale per unità di lavoro effettivo. Dato che le proprietà dell'espressione sono le stesse della (2.3), anche la rappresentazione grafica sarà la stessa. Inoltre, anche in questo caso sarà necessario, ricavare la relazione tra l'output produttivo per unità di lavoro effettivo e la variazione dello stock di capitale per unità di lavoro effettivo, passando per la combinazione tra la relazione produzione-investimento (o risparmio) e quella tra investimento (o risparmio) e accumulazione di capitale.

Esprimendo la (2.5) in termini di unità di lavoro effettivo, è possibile ottenere la prima relazione ovvero quella tra prodotto per unità di lavoro effettivo e investimento (o risparmio) per unità di lavoro effettivo, come segue

$$\frac{I}{AL} = s \frac{Y}{AL} \quad (2.14)$$

¹⁹ È utile supporre che esistano rendimenti costanti di scala: per un dato stato della tecnologia (A), se entrambi gli input produttivi, capitale e lavoro effettivo, aumentano, anche l'output produttivo, aumenterà della stessa quantità. Naturalmente, i singoli fattori produttivi, capitale e lavoro effettivo, presentano rendimenti di scala decrescenti.

Sostituendo in questa equazione la (2.13) si ottiene:

$$\frac{I}{AL} = sf\left(\frac{K}{AL}\right) \quad (2.15)$$

Proseguendo con la definizione della seconda relazione, ovvero quella tra investimento e variazione dello stock di capitale, l'introduzione del progresso tecnologico, complica leggermente la situazione rispetto a quanto visto in sua assenza. Il motivo è il seguente: introducendo la possibilità di cambiamenti nello stato della tecnologia, si presume che il numero di unità di lavoro effettivo (AL), aumenti con il passare del tempo. Di conseguenza, mantenere lo stesso rapporto tra capitale e lavoro effettivo richiede necessariamente un aumento dello stock di capitale (K), proporzionale all'aumento dell'unità di lavoro effettivo. Per comprendere meglio questa fattispecie si definisca δ il deprezzamento del capitale, g_a il tasso di progresso tecnologico e g_l il tasso di crescita della popolazione. Se anche in questo caso si assume che il rapporto tra popolazione e tasso di partecipazione rimane costante, il numero dei lavoratori cresce al tasso g_l . Queste ipotesi fanno sì che il tasso di crescita per unità di lavoro effettivo sia $g_a + g_l$.

Sotto queste ipotesi il livello di investimento necessario per mantenere costante lo stock di capitale esistente sarà dato da:

$$I = (\delta + g_a + g_n)K \quad (2.16)$$

A questo punto, utilizzando come riferimento la (2.6), riordinando i termini si ottiene:

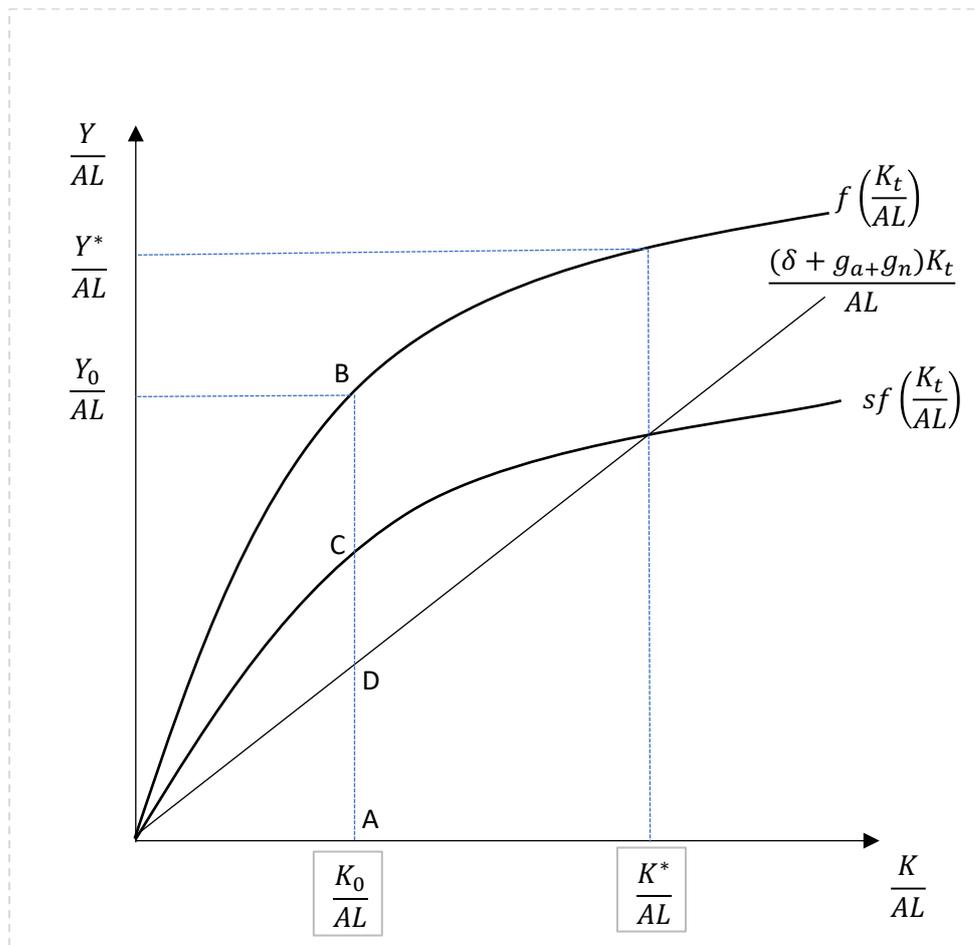
$$\frac{K_{t+1}}{A_{t+1}L_{t+1}} - \frac{K_t}{A_tL_t} = sf\left(\frac{K_t}{A_tL_t}\right) - \frac{(\delta + g_a + g_n)K_t}{A_tL_t} \quad (2.17)$$

Questa equazione afferma che la variazione dello stock di capitale per unità di lavoro effettivo è pari alla differenza tra l'investimento e il deprezzamento.

Naturalmente cambierà anche la condizione di stato stazionario, la quale sarà data da:

$$sf\left(\frac{K_t}{A_t L_t}\right) = \frac{(\delta + g_a + g_n)K_t}{A_t L_t} \quad (2.18)$$

Quanto finora affermato trova rappresentazione grafica come segue:



Dal grafico si evince che quando il capitale per unità di lavoro effettivo è pari al livello $\frac{K_0}{AL}$, l'output produttivo per unità di lavoro effettivo è rappresentato dalla distanza AB. L'investimento per unità di lavoro effettivo invece corrisponde alla distanza AC. L'ammontare di investimento richiesto per far sì che quel livello di capitale per unità di lavoro effettivo rimanga costante è naturalmente pari alla distanza AD. In questo caso poiché l'investimento eccede il deprezzamento (cioè quanto richiesto per mantenere costante il livello di capitale), il sistema

economico andrà incontro ad un periodo di crescita fino al punto in cui il capitale per unità di lavoro effettivo raggiungerà un livello pari a $\frac{K^*}{AL}$, al quale corrisponderà un output produttivo per unità di lavoro effettivo pari al livello riscontrabile nel punto $\frac{Y^*}{AL}$. Nel lungo periodo quindi sia il capitale che il prodotto per unità di lavoro effettivo rimangono costanti. Ciò significa che, nella condizione di steady state essi sono pari rispettivamente a $\frac{K^*}{AL}$ e $\frac{Y^*}{AL}$. Di conseguenza l'output produttivo (Y), crescerà allo stesso tasso del lavoro effettivo (AN), dato che il loro rapporto rimane costante. Poiché quest'ultimo cresce al tasso g_a+g_l , anche l'output produttivo crescerà di quel tasso (g_a+g_l). la stessa e identica conclusione può essere fatta con riferimento al capitale.

Da quanto detto finora è quindi possibile trarre alcune importanti conclusioni. In un sistema economico, in cui vi è la presenza di progresso tecnologico e crescita della popolazione, l'output produttivo cresce nel tempo. Nella condizione di steady state, il prodotto per unità di lavoro effettivo e il capitale per unità di lavoro effettivo, restano costanti. Di conseguenza il l'output produttivo pro-capite e il capitale pro-capite crescono ad un tasso pari a quello di progresso tecnologico. Questo significa che le fonti della crescita sono sostanzialmente due: l'accumulazione di capitale e il progresso tecnologico.

La prima, come dimostrato, da sola non è in grado di sostenere la crescita per sempre, a causa dei rendimenti di scala decrescenti del capitale, poiché per sostenere un aumento costante del prodotto pro-capite, sarebbero necessari incrementi via via più consistenti del capitale pro-capite. A un certo punto, anche facendo in modo che tutto l'output produttivo venga utilizzato per investimenti, questo non sarà sufficiente ad aumentare il capitale e il prodotto pro-capite. Di conseguenza la crescita smetterà.

La seconda, è l'unico input produttivo in grado di sostenere la crescita lungo un percorso costante e duraturo.

Quanto affermato finora è stato fatto con riferimento alla definizione di capitale inteso nella sua generalità, ma è ovvio che tutte le conclusioni sono estendibili per analogia anche al concetto di capitale pubblico così come definito nel paragrafo (2.1), in quanto l'unico elemento che lo differenzia dalle altre forme di capitale è il proprietario (settore pubblico).

Altri studi che hanno indagato tale relazione tra capitale e output produttivo, hanno ipotizzato non solo il capitale pubblico sia uno degli input all'interno della funzione di produzione²⁰. Infatti, lo stock di capitale pubblico (ora indicato con G_t) può entrare nella funzione di produzione attraverso due modalità principali. La prima direttamente e consiste nell'inserire lo stock di capitale pubblico come ulteriore input produttivo, a fianco del capitale privato (ora indicato con K) e del lavoro (sempre indicato con L). La seconda, indirettamente, influenzando la produttività multifattoriale. Quanto detto può essere riassunto dalla seguente espressione matematica:

$$Y_t = A(G_t) f(K_t, L_t, G_t) \quad (2.19)$$

dove Y_t è l'output produttivo, L_t è il fattore lavoro (intendendosi come forza lavoro e quindi come ore totali lavorate), K_t è il fattore capitale intendendosi come lo stock di capitale privato.

Anche se è abbastanza comune la costruzione di modelli che mettono in relazione la crescita economica con il capitale pubblico, attraverso l'inserimento di un terzo input nella funzione di produzione, ad una più approfondita riflessione viene da chiedersi se questo abbia effettivamente senso. Dopotutto buona parte di ciò che rientra all'interno della nozione di capitale pubblico, come ad esempio le infrastrutture, in realtà non contribuisce direttamente a produrre nulla. Quindi sembrerebbe che l'intenzione stessa di inserire lo stock di capitale pubblico come ulteriore input produttivo, risulti essere inadeguata. In effetti viene assunto implicitamente che i beni e i servizi realizzati dal settore pubblico siano puri, il che significa, non rivali nel consumo e non escludibili dal consumo contemporaneo da parte di più soggetti.

Tuttavia, è pur vero che, come evidenziato anche dalla Banca Mondiale (1994), diversi beni e servizi pubblici si comportano quasi (anche se non perfettamente) come beni realizzati dal settore privato. Questi ultimi, sono rivali (il consumo da parte di un individuo riduce il consumo da parte di un altro individuo) ed escludibili (non è possibile il consumo contemporaneo da parte di più soggetti). A ciò si aggiunga che lo stock di capitale pubblico viene trattato in

²⁰ Questo come si vedrà nel prosieguo dell'elaborato, rappresenta una delle nozioni basilari dell'approccio della funzione di produzione.

maniera simmetrica rispetto agli altri due fattori della produzione, capitale (K) e lavoro (L). Ciò secondo quanto affermato da Dugall²¹, violerebbe la teoria della produttività marginale, nel momento in cui si assume che il costo unitario dello stock di capitale pubblico, determinato dal mercato, sia conosciuto dai singoli operatori e che possa quindi essere utilizzato, come riferimento per il calcolo del costo totale. Tuttavia, se l'investimento pubblico viene finanziato attraverso un aumento della pressione fiscale oppure tramite emissione di nuovo debito pubblico, il costo unitario della dotazione di capitale pubblico non può essere determinato dal mercato. Inoltre non c'è nessuna garanzia che il costo totale del capitale pubblico per gli operatori sia in qualche modo collegato all'utilizzo che essi ne fanno.

Nel 1990 anche Aaron²² evidenziava che oltre all'assenza di meccanismi di mercato nella determinazione del costo unitario dello stock di capitale pubblico, si associavano anche possibili inefficienze da parte del settore pubblico, rendendo di fatto impossibile assumere che tale variabile, quando inserita come input nella funzione di produzione, possa essere remunerata in linea con quella che è la sua produttività marginale.

Un'alternativa potrebbe essere quella di incorporare la dotazione di capitale pubblico nella funzione di produzione, quale componente del vincolo tecnologico, il quale determina a sua volta la produttività totale dei fattori. Secondo questa visione, un aumento dello stock di capitale pubblico, genererebbe un conseguente aumento della produttività totale, abbassando i costi della produzione di beni e servizi pubblici. Infatti, per il tramite del progresso tecnologico, l'incremento del capitale pubblico, sposta la funzione di produzione verso l'alto, migliorando di conseguenza la produttività marginale di tutti gli altri input e quindi in generale dell'output produttivo. Tuttavia, come evidenziato da Sturm (1997)²³ in una funzione di produzione di tipo Cobb-Douglas²⁴, non fa

²¹ Dugall, V.C., (1995), "Infrastructure and productivity: a non-linear approach", Paper presentato al 7imo Congresso Mondiale della Società di Econometria, Tokyo, Giappone.

²² Aaron, H.J., (1990), "Discussion" in Munnell, A.H., "Is there a shortfall in public capital investment?", Federal Reserve Bank of Boston.

²³ Sturm, J.E. e De Haan J., (1997), "Public capital spending in the Netherlands: developments and explanations", Applied economics letters.

²⁴ Le funzioni di produzione Cobb-Douglas sono una classe delle funzioni di produzione rappresentabili come segue:

$$Q(x_1, \dots, x_n) = b \prod x_i^{\alpha_i}, \quad b > 0, \quad \alpha_i \geq 0, \quad x_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, N$$

alcuna differenza il modo nel quale viene inserito il capitale pubblico, se come terzo fattore della produzione o come componente del vincolo tecnologico, in quanto entrambe le modalità portano a equazioni che risultano essere simili. Ciò, inoltre, non consentirebbe di separare gli effetti diretti da quelli indiretti, che il capitale pubblico ha sulla crescita economica.

Esistono in dottrina, diversi modi di strutturare un modello che leghi lo stock di capitale pubblico all'output produttivo. Uno di questi si concentra esplicitamente sui servizi che sono resi possibili attraverso la dotazione di capitale pubblico disponibile ad un determinato istante temporale. A tal proposito un buon esempio, è rappresentato dall'opera di Fernald (1999)²⁵, il quale assume che per ogni industria i , presente nel sistema economico di un paese la produzione dipende, oltre che dai fattori capitale (K) e lavoro (L), anche dai servizi di trasporto (T). Questi ultimi a loro volta dipendono dal numero dei servizi offerti attraverso lo stock di capitale pubblico G e dal numero di utenti che ne fanno uso. La produzione aggregata dipende inoltre dal livello della tecnologia, U . Tutto ciò può essere sintetizzato matematicamente attraverso la seguente formula:

$$Y_t = U_i F^i (K_i, L_i, T_i (V_i, G)) \quad (2.20)$$

Questa modalità di strutturare un modello che spieghi la relazione esistente fra capitale pubblico e crescita economica rende possibile l'approfondimento di due ulteriori effetti: la congestione e le esternalità.

La maggior parte dei servizi offerti grazie allo stock di capitale pubblico, potrebbero essere soggetti alla problematica della congestione: ad esempio un maggior numero di veicoli su una data infrastruttura abbassa la potenzialità (e quindi la produttività) di quest'ultima. Viene logico pensare che un maggior numero di infrastrutture ridurrebbe la congestione e quindi migliorerebbe la

in cui Q indica la quantità prodotta, x_i il fattore di produzione i -esimo impiegato nella produzione, mentre b e $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ sono costanti. La costante b , è una costante moltiplicativa che può essere considerata un indicatore del grado di efficienza nell'utilizzo dei fattori di produzione. La somma delle costanti α determina il tipo di rendimenti di scala ossia: decrescenti (se $\sum \alpha_i < 1$), costanti (se $\sum \alpha_i = 1$) o crescenti (se $\sum \alpha_i > 1$).

Le funzioni di questo tipo sono chiamate anche log-lineari perché lineari nei logaritmi, infatti trasformandole si ottiene: $\log Q = \log b + \sum \alpha_i \log x_i$.

Per le loro proprietà particolarmente convenienti (differenziabilità, quasiconcavità) e la facilità con cui è possibile trattarle analiticamente, sono molto utilizzate nei modelli economici.

²⁵ Fernald, J., (1999), "Assessing the link between public capital and productivity", *American economic review*, (89:3), pp.619-638.

produttività. Tuttavia al di sopra di una certa soglia, un ulteriore incremento al margine della dotazione di capitale pubblico esistente, non avrebbe alcun effetto sulla produttività, in quanto non porterebbe ad una contestuale riduzione della congestione.

Lo stock di capitale pubblico, con particolare riferimento a quello infrastrutturale, si distingue dalle altre tipologie, a causa delle imperfezioni di mercato, che rendono necessario un intervento da parte del settore pubblico, dando in questo modo origine ad un ruolo di rilevante importanza per quest'ultimo all'interno del sistema economico.

L'altro aspetto di particolare rilievo, a fianco della congestione, riguarda le economie di scala dovute alle esternalità prodotte dal capitale pubblico, rientranti anche queste tra le imperfezioni di mercato (Banca Mondiale 1994). Una caratteristica peculiare della dotazione di capitale pubblico infrastrutturale è la capacità di semplificare la fornitura di servizi, attraverso la strutturazione di un sistema, progettato per soddisfare migliaia di utenti. È quanto in ambito economico viene identificato come rete. Questa interconnessione può voler significare che i benefici derivanti da un incremento della dotazione di capitale attraverso investimenti, in determinati punti della rete dipenderà anche dalla capacità degli altri punti, di essere in grado di attrarre tali benefici. Di conseguenza le caratteristiche strutturali della rete, hanno anche importanti riflessi con riferimento alla relazione tra la dotazione di capitale pubblico e l'output produttivo. Infatti una volta stabilite le caratteristiche di base della rete, le opportunità di raccogliere notevoli benefici diminuiscono con l'aumentare degli investimenti.

In linea con quanto fin qui affermato, Fernald (1999) porta un esempio estremamente chiaro, evidenziando che una volta terminata, nel 1973, la rete autostradale degli Stati Uniti, l'ipotesi che la produttività marginale delle autostrade fosse zero, doveva necessariamente essere presa in considerazione. Detto in altre parole, negli Stati Uniti, la creazione di nuove infrastrutture diede slancio all'economia fino al 1973, ma dopo tale data, ulteriori investimenti pubblici della stessa tipologia non hanno portato a simili benefici.

Altro aspetto degno di approfondimento riguarda il ruolo che la quantità e la qualità di capitale pubblico, giocano come variabile determinante nelle scelte riguardanti la localizzazione produttiva. Ciò rappresenta una diretta conseguenza

di quanto affermato poc'anzi, ovvero se una adeguata dotazione di capitale pubblico è in grado di abbassare in maniera sensibile i costi di produzione, la conseguenza potrebbe essere quella di attrarre nuove imprese e nuovi investitori. Questo non significa necessariamente una crescita più elevata a livello di sistema economico aggregato, poiché la produzione potrebbe salire in alcune regioni, ma diminuire in altre. Tuttavia, un risultato può essere comunque raggiunto: sotto certe assunzioni l'assenza di coordinamento tra le varie regioni sulle politiche volte ad un incremento della dotazione di capitale pubblico, potrebbe portare ad un'allocazione delle risorse sub-ottimale. Esiste tuttavia anche il rischio che lo stock di capitale esistente sia già alto in entrambe le regioni, comportando il verificarsi dei rischi elencati in precedenza, nel caso in cui esse non coordinino le loro politiche.

Per quanto detto, gli effetti di spillover del capitale pubblico, potrebbero portare anche all'effetto opposto: siccome la regione che opta per una politica di rilancio degli investimenti ottiene solo una parte dei benefici, entrambe le regioni finiscono per avere uno stock di capitale più basso. Ad ogni modo, l'entità di questi effetti di spillover, dipenderà essenzialmente da due variabili: la dimensione della regione e il suo grado di apertura ai mercati.

Il modo più semplice di strutturare un modello che prenda in considerazione questi effetti di spillover fu realizzato da Cohen e Morrison Paul (2004)²⁶. Essi lo hanno creato con l'obiettivo di individuare una funzione di costo per le imprese del settore manifatturiero degli Stati Uniti ed include non solo lo stock di capitale pubblico degli stati presi in considerazione, ma anche quello degli stati "connessi" (ossia di quegli stati compresi all'interno della rete, che non necessariamente devono essere confinanti). Lo stock di capitale pubblico di uno stato vicino (G_i) può quindi essere incluso all'interno della funzione di produzione, come evidenziato dalla seguente formula:

$$y_i = A_i K_i^\alpha L_i^\beta G_i^\gamma G_j^\eta \quad (2.21)$$

Un ulteriore aspetto circa il legame che intercorre tra il capitale pubblico e la crescita economica ci viene suggerito da una scuola di pensiero conosciuta con il

²⁶ Cohen, J.P. e Morrison Paul, C.J., (2004), "Public infrastructure investment, interstate spatial spillovers and manufacturing costs", *The review of economics and statistics*, (86:2), pp.551-560.

nome di nuova geografia economica e in cui tra i maggiori esponenti troviamo il premio Nobel, Paul Krugman. Quest'ultima individua i costi di trasporto come variabili determinanti per la localizzazione e per il successo di un'attività economica. Per questo motivo una più elevata dotazione di capitale pubblico, ha un impatto profondo sulla dimensione del mercato. Detto in altri termini, maggiore è lo stock di capitale pubblico, più grande sarà il mercato (potenziale), poiché maggiori sono le possibilità di raggiungere altri settori. In questo modo gli imprenditori possono procedere creando dei cluster²⁷ in un'unica regione centrale.

La realizzazione di questi cluster di attività porta ad un elevato grado di specializzazione e quindi alla creazione di economie di scala. All'interno di questo approccio è abbastanza diffusa la prassi di trattare i costi di trasporto come "iceberg cost". Per essere più precisi, significa che il produttore di un certo bene, ne spedisce una determinata quantità, ma durante il trasporto, una frazione della quantità spedita svanisce proprio per l'effetto di questi "iceberg cost". Maggiore è la distanza, più grande sarà la frazione di prodotto che svanisce. Quindi l'acquirente dovrà pagare per una quantità di beni maggiore rispetto a quella che in realtà riceve. Ciò consente di bypassare la necessità di un trattamento separato per il settore dei trasporti (e quindi per i costi di trasporto) all'interno del modello. Tuttavia il concetto di "iceberg cost" assume implicitamente che la funzione di produzione del settore dei trasporti sia uguale alla funzione di produzione del bene trasportato. Ciò rappresenta un'assunzione particolarmente forte.

De La Fuente e Vives, nei loro elaborati hanno offerto una modalità alternativa per ciò che riguarda la trattazione dei costi di trasporto. Essi assumono che l'output finale Q all'interno di una regione i , dipenda positivamente dal livello della produzione Y_i e negativamente dai costi di trasporto C_i . Questi ultimi sono tanto più elevati quanto maggiore è l'area (S) della regione e quanto minore è lo stock di capitale pubblico (G). Viene anche assunto che l'output finale abbia ritorni di scala costanti rispetto alla produzione (Y) e ai costi di trasporto (C). A ciò viene aggiunta anche la perfetta mobilità del capitale privato tra una regione e l'altra. Da un punto di vista matematico, quanto esposto nelle righe precedenti, può essere così sintetizzato:

²⁷ In italiano non esiste una traduzione in grado di individuare con esattezza il significato letterale della parola cluster. L'unico termine che si ne avvicina il significato è quello di distretto industriale.

$$Y_i = A_i K_i^\alpha L_i^\beta G_i^\gamma S_i^{1-\alpha-\beta-\gamma} \quad (2.22)$$

È possibile notare che, anche se per ragioni teoriche differenti, la specificazione è del tutto simile a quella evidenziata all'interno dell'equazione (2.19).

Infine gli effetti della dotazione di capitale pubblico sull'output produttivo dipendono anche dalla misura in cui capitale pubblico e capitale privato sono beni sostituiti. In letteratura, come già annunciato in precedenza, vi è una divisione tra chi propende per un effetto di crowding in (complementarietà tra le due variabili) e chi invece per uno di crowding out (spiazzamento), ma ciò troverà dettagliata spiegazione nei paragrafi che seguono.

2.5 – ALCUNE PROBLEMATICHE ATTINENTI ALLA MISURAZIONE DEL CAPITALE PUBBLICO

Come evidenziato dai paragrafi precedenti, per determinare la dotazione del capitale pubblico ad un certo istante temporale, sono necessari una serie di dati particolari. Naturalmente questa tipologia di dati è facilmente reperibile per la maggior parte dei paesi appartenenti all'area dell'OCSE, mentre è molto più difficile ottenerli per i paesi in via di sviluppo (i cosiddetti developing countries). Per questi ultimi infatti le serie storiche dei dati sull'investimento pubblico lordo non contengono un numero di osservazioni abbastanza ampio da permettere la ricostruzione dello stock di capitale pubblico. Per questo motivo, diversi autori che si sono dedicati allo studio del rapporto tra crescita economica e capitale pubblico, con particolare enfasi sui developing countries, hanno utilizzato delle misure fisiche (e non monetarie) dell'investimento pubblico per determinarne la dotazione iniziale. Anche l'utilizzo di misurazioni fisiche e non monetarie, per la quantificazione dello stock di capitale pubblico (come ad esempio, il numero di chilometri per le strade) affianca tuttavia agli aspetti positivi, una serie di svantaggi.

Il primo ad indagare su questi aspetti fu Pritchett (1996)²⁸, il quale sottolineò alcuni problemi relativi all'utilizzo di valori monetari per calcolare la dotazione iniziale di capitale pubblico. Infatti i costi per la realizzazione delle infrastrutture variano, anche in maniera piuttosto ampia, tra i vari paesi. Per di più l'ammontare della spesa sostenuta può dire realmente poco sull'efficienza nell'attuazione del progetto di investimento. In altre parole non è sempre valida l'associazione tale per cui a parità di investimento realizzato, ad un volume di spesa inferiore corrisponde un livello di efficienza maggiore e viceversa. È importante evidenziare che, soprattutto quando l'investimento viene realizzato dal settore pubblico, i costi attuali ed economici (definiti come il minor costo possibile dato il livello della tecnologia a disposizione), potrebbero subire delle oscillazioni legate in special modo al verificarsi di varianti in sede progettuale²⁹.

Per questa ragione, la misurazione dell'investimento pubblico attraverso valori puramente monetari, potrebbe essere un metodo scadente per la determinazione della dotazione di public capital, proprio perché spesso il settore pubblico è altamente inefficiente. Secondo lo stesso autore, l'impatto di questo fenomeno risulta più contenuto nei paesi sviluppati, mentre avrebbe una rilevanza notevole per i paesi in via di sviluppo. In questi ultimi infatti, basandoci sui calcoli di Pritchett, poco meno della metà dei soldi investiti per la realizzazione di un investimento, hanno un impatto positivo sulla determinazione dello stock di capitale³⁰. Ciò porta ad una conseguenza abbastanza significativa ovvero che le dotazioni di capitale pubblico costruite sulla base delle serie di investimenti realizzati nel corso del tempo e valutati in termini monetari, tendono, in linea generale, ad essere sovrastimati.

I valori monetari ottenuti attraverso il metodo dell'inventario permanente, ai fini della determinazione dello stock di capitale pubblico, sembrano non essere appropriati anche se si analizza tale fattispecie da un "prospettiva di rete", così come definita nei paragrafi precedenti. In particolare, la composizione dello stock di capitale è importante in quanto la produttività marginale di un nodo della rete

²⁸ Pritchett, L. (1996), "Mind your P's and Q's", World Bank policy research paper N.1660.

²⁹ Su questo aspetto esistono addirittura studi che prendono in considerazione l'impatto che ha la corruzione sui costi sostenuti da parte del settore pubblico con particolare riferimento al settore delle infrastrutture (lavori pubblici).

³⁰ Le modalità con cui è finanziato un progetto di investimento potrebbero influenzare le seguenti fattispecie: più alti sono gli incentivi offerti dal settore pubblico per minimizzare i costi, maggiore è il contributo dell'investimento allo stock di capitale pubblico.

dipende dalla capacità di quest'ultima di saper sfruttare gli investimenti effettuati dagli altri elementi "connessi" alla rete, oltre che dalla modalità di configurazione ed interconnessione degli altri nodi. Di conseguenza le stime ottenute utilizzando il metodo finora descritto, potrebbero essere valide per determinare la produttività marginale del capitale pubblico del passato, ma potrebbero non esserlo per determinare la produttività marginale di ulteriore capitale pubblico al tempo presente.

Analizzate le problematiche finora riportate, alcuni studi recenti hanno optato per utilizzare delle misurazioni fisiche del capitale pubblico, in luogo del metodo dell'inventario permanente e delle misurazioni monetarie. Le misure fisiche più utilizzate sono in genere rappresentate dal numero, dei chilometri per le strade, dai kilowatt per l'energia elettrica e dal numero di metri cubi per il gas e per l'acqua.

Gli autori che hanno maggiormente fatto ricorso a questo metodo di misurazione sono Canning, Pedroni, Sanchez-Robles, Ramirez e Esfahani. Dato atto che queste misure fisiche sono disponibili per un periodo di tempo necessariamente ampio per la valutazione dell'impatto dell'investimento e lo sono anche per numerosi paesi, compresi quelli in via di sviluppo, esse rappresentano una buona soluzione ai problemi descritti in precedenza ed inoltre sono ideali per stimare modelli basati su dati panel.

Un vantaggio nell'utilizzo di misure di questo tipo, sta nel fatto che esse non si basano sul concetto di capitale pubblico così come definito all'interno delle contabilità nazionali. Tanto per fare chiarezza, non è rilevante il modo in cui viene generata l'energia elettrica, ma è importante solo quanta energia elettrica viene generata. Tuttavia le misure fisiche, tralasciano due aspetti estremamente rilevanti: l'efficacia e l'efficienza della spesa sostenuta. Inoltre, ed è un altro aspetto su cui vale la pena soffermarsi, non è mai stata data evidenza di un legame diretto tra queste misurazioni fisiche del capitale pubblico e la spesa effettivamente sostenuta per quest'ultimo.

In una fase iniziale, le ricerche e gli studi, attinenti all'impatto del capitale pubblico sulla crescita economica, si sono concentrate soprattutto sui dati provenienti dagli Stati Uniti. Infatti, pochissimi tra i primi lavori, hanno preso in considerazione la possibilità di studiare questa tematica per ulteriori paesi, ad esempio quelli rientranti nell'area OCSE. I primi, a fare un tentativo e ad uscire

dagli schemi, furono Ford, Poret³¹, Karras e Evans³² nel 1994, a circa 10 anni di distanza dai lavori di Aschauer. Questi ultimi utilizzando i dati dai singoli database nazionali, cercarono di ricostruire la dotazione di capitale pubblico per 12 paesi appartenenti all'OCSE, nel periodo che va dal 1970 al 1996. Purtroppo i dati raccolti e di conseguenza i risultati ottenuti attraverso il loro utilizzo, non erano facilmente comparabili poiché i metodi di stima variavano ampiamente tra un paese e l'altro. Questa è stata una delle ragioni per cui l'OCSE decise di sospendere la pubblicazione delle serie relative allo stock di capitale pubblico per i suoi paesi dopo il 1997. In studi più recenti Kamps³³ (2004) è riuscito, con particolari processi di stima, a ricostruire le serie storiche per 22 paesi appartenenti all'OCSE, relative al periodo 1960-2001 e che sono comparabili non solo con le serie utilizzate per gli Stati Uniti, ma anche fra di loro.

Un ulteriore aspetto su cui vale la pena soffermarsi, riguarda la dimensione dei dati utilizzati ai fini della ricerca, ovvero se si tratta di dati su scala nazionale oppure regionale. Da questo punto di vista, mentre Aschauer e numerosi autori che si sono occupati della problematica ab origine, hanno utilizzato prettamente dati nazionali, con il passare del tempo e lo svilupparsi del dibattito, si è via via preferito fare ricorso a dati su scala regionale. Naturalmente ci sono stati anche autori che hanno utilizzato all'interno dello stesso lavoro, entrambe le tipologie di dati, o autori che hanno continuato ad utilizzare solamente dati su scala nazionale, anche solo per aggiornare gli studi effettuati in passato. Si è deciso di mettere in luce questo aspetto in quanto i risultati ottenuti differiscono a seconda del tipo di dato, ovvero studi effettuati con dati regionali evidenziavano certi risultati che gli studi effettuati con dati nazionali non confermavano o addirittura smentivano e viceversa. In effetti l'utilizzo di dati su scala regionale ha il vantaggio di aumentare la variazione del dato stesso rendendo di conseguenza i processi di stima, a cui si è accennato nelle righe precedenti, più affidabili e quindi anche i risultati ottenuti avranno un maggior grado di accuratezza.

Per cercare di riassumere quanto affermato nel presente paragrafo, è necessario premettere che la letteratura sugli effetti del capitale pubblico, è

³¹ Ford, R. e Poret, P. (1994), "Infrastructure and private-sector productivity", OECD Economic Studies.

³² Evans, P. e Karras, G. (1994), "Is government capital productive? Evidence from a panel of seven countries", *Journal of Macroeconomics* (16), pp. 271-279.

³³ Kamps, C. (2004), "New estimates of government capital stock for 22 OECD countries 1960-2001", IMF Working Paper N.04/67.

particolarmente ampia, come ampio è il campo di variazione dei risultati ottenuti. In effetti a fianco dei lavori che, adottando diverse metodologie, saranno oggetto di specifico approfondimento nei successivi paragrafi, trovano un significativo contributo del capitale pubblico, ve ne sono altri che mostrano un impatto assai debole o praticamente inesistente. In generale le differenze circa i risultati ottenuti, sono ascrivibili a due ordini di cause, l'una relativa ai dati utilizzati, l'altra alle tecniche di stima adottate.

Cominciando dalla prima, i risultati possono a loro volta dipendere, dalla loro profondità temporale e dalla tipologia. Quanto alla profondità temporale, il lavoro originario di Aschauer, relativo agli Stati Uniti, aveva analizzato un periodo relativamente lungo (1949-1985); successivamente sono state utilizzate informazioni relative ad altri paesi che coprono periodi di ampiezza diversa, i quali vanno da meno di dieci anni a più di cinquanta anni. Data la modesta variabilità dei dati di questo genere, legata alla lentezza con cui lo stock di capitale pubblico evolve nel tempo, per raggiungere risultati robusti e con un certo grado di significatività, è necessario considerare periodi di tempo particolarmente estesi.

Per quello che riguarda la tipologia di dati utilizzati invece, le principali complessità hanno a che fare con la loro articolazione territoriale (serie storiche con dati nazionali o regionali, dati panel su scala nazionale o regionale) e con la scelta tra indicatori fisici e monetari. Quanto alla prima questione, va detto che, mentre le stime per un paese nel suo complesso generalmente suggeriscono l'esistenza di effetti positivi del capitale pubblico sull'output, l'evidenza empirica con dati regionali si rivela molto più debole e ambigua. In particolare, la somma degli effetti regionali è di solito inferiore all'effetto aggregato nazionale, così come è di solito più bassa l'elasticità dell'output produttivo rispetto al capitale pubblico quando calcolata con dati panel piuttosto che con serie storiche. Questa discrasia ha stimolato avanzamenti rilevanti nel campo della ricerca econometrica su questo tipo di tematica. Di conseguenza, recentemente i modelli empirici sono stati arricchiti con tecniche di econometria spaziale, le quali esplicitamente tengono conto del fatto che un'area può trarre benefici dal capitale pubblico installato sia all'interno dell'area stessa sia nelle regioni limitrofe.

Per quanto riguarda invece, la natura, fisica o monetaria, dei dati, si utilizzano spesso misure di tipo monetario per il capitale pubblico, costruite con la

tecnica dell'inventario permanente, citata in precedenza. L'utilizzo di una variabile monetaria potrebbe però comportare un altro problema ben più rilevante: se la spesa eccede l'investimento effettivamente tradotto in opere pubbliche, ad esempio per ostacoli derivanti da corruzione o inefficienze nel processo di spesa, tale metodologia può sovrastimare la dotazione di capitale pubblico effettivamente disponibile.

Per riassumere, all'interno di quest'ampia sezione, sono state indicate le principali questioni e problematiche che la letteratura si è trovata ad affrontare sulla tematica dell'impatto del capitale pubblico sulla crescita economica. Si è partiti dalle problematiche attinenti un'adeguata definizione di capitale pubblico e passando per il legame che intercorre tra quest'ultimo e il concetto di infrastruttura, si è giunti ad analizzare questioni prettamente tecniche come quelle riguardanti la tipologia di dati da utilizzare nella ricerca.

2.6 – LA RELAZIONE TRA CAPITALE PUBBLICO E CAPITALE PRIVATO

In questo paragrafo si andranno ad analizzare i principali studi che si sono concentrati sugli aspetti peculiari circa la relazione che intercorre tra lo stock di capitale pubblico e il capitale privato. Uno degli autori che si è dedicato a questa problematica con maggiore enfasi è stato, senza ombra di dubbio, Agènor, il quale ha sostenuto che la dotazione di capitale pubblico può influenzare il capitale privato attraverso numerosi canali, ma soprattutto che gli effetti della relazione tra queste due variabili possono essere classificati secondo due tipologie ben distinte: di spiazzamento (*crowding-out effect*) e di complementarità (*crowding-in effect*).

Con riferimento a quest'ultimo, si sottolinea che lo stock di capitale pubblico può stimolare il processo di formazione del capitale privato, in quanto coinvolgerebbe l'incremento della produttività marginale dei classici fattori produttivi capitale e lavoro. In maniera alternativa, l'effetto di complementarità potrebbe operare attraverso quelli che l'autore definisce come costi "di aggiustamento". Infatti la disponibilità e la qualità del capitale pubblico presenti in una certa regione o in un determinato sistema economico, influiscono

sicuramente, su alcuni dei costi che le imprese devono valutare nel momento in cui devono prendere la decisione di investire. Tanto per fare un esempio, una migliore rete stradale, potrebbe ridurre le spese associate alla realizzazione di nuovi siti produttivi o potrebbe limitare i costi di trasporto (non solo quelli diretti e quantificabili in un tempo inferiore per trasportare il prodotto dal punto A al punto B, ma anche quelli indiretti e quantificabili come una minore necessità di ricorrere a manutenzione per gli stessi mezzi di trasporto utilizzati). Riducendo i costi di trasporto e incrementando le aspettative circa il tasso di rendimento, la dotazione di capitale pubblico potrebbe quindi avere delle conseguenze particolarmente rilevanti rispetto al capitale privato.

Tuttavia, il rapporto tra capitale pubblico e privato, in alcune situazioni potrebbe tradursi in un effetto di spiazzamento. Ciò si può verificare nel momento in cui perseguendo una politica di rilancio degli investimenti pubblici, quest'ultima venga finanziata attraverso l'utilizzo un sistema di imposte e tasse di tipo distorsivo, il quale può portare ad una riduzione del tasso netto di rendimento atteso del capitale privato, oppure attraverso una politica di indebitamento sui mercati finanziari, la quale può tradursi in tassi di interesse interni più elevati e quindi in una maggiore difficoltà di accesso al credito da parte del settore privato³⁴. Per di più, una politica di rilancio degli investimenti, finanziata attraverso il ricorso ad un maggiore indebitamento, se non adeguatamente strutturata, potrebbe generare dei rischi circa la sostenibilità del debito pubblico di un paese, qualora quest'ultimo non offra adeguate garanzie (soprattutto in termini di credibilità) circa la volontà di onorare i propri impegni nel corso del tempo. Quanto detto potrebbe tradursi in una percezione del rischio-paese più elevata e quindi in tassi di interesse, circa il rifinanziamento del debito stesso, sensibilmente più alti. In un contesto simile anche gli investimenti privati, per quanto detto in precedenza, si ridurrebbero.

La dotazione di capitale pubblico può avere degli effetti sul capitale privato, anche attraverso dei cambiamenti nel processo produttivo e nei prezzi relativi. Come anticipato in precedenza, il capitale pubblico può portare ad un incremento delle produttività marginale dei fattori capitale e lavoro. La

³⁴ Come sottolineato da Agènor, in economie di piccole dimensioni, le quali hanno un grado di apertura ai mercati particolarmente ampio e che si basano su tassi di interesse fisso con il resto del mondo, l'effetto di spiazzamento sopra descritto ha meno probabilità di verificarsi.

conseguenza di ciò sulla produzione, anche attraverso l'effetto dell'acceleratore³⁵, potrebbe essere proprio quello di una maggiore quantità di investimenti privati. Inoltre, lo stock di capitale pubblico, potrebbe influenzare indirettamente quello privato, attraverso l'effetto relativo del prezzo dei beni domestici rispetto al prezzo dei beni importati, il quale viene identificato attraverso il tasso di cambio reale. Infatti un aumento della dotazione di capitale pubblico, sicuramente porterà ad un rialzo della domanda aggregata e dei prezzi interni. Se il tasso di cambio nominale non diminuisce fino a neutralizzare tale aumento dei prezzi interni, il prezzo in valuta nazionale delle merci importate diminuirà in termini relativi, stimolando in questo modo la domanda di tali beni e frenando al contrario la produzione di quelli domestici. L'effetto netto di tutto ciò potrebbe essere positivo o negativo, poiché dipende da quanto i beni importati siano sostituiti di quelli domestici (cfr. Agènor 2005).

Come evidenziato da parte di numerosi autori, l'incidenza degli effetti finora descritti, può variare nel corso del tempo e soprattutto in virtù dell'ambiente "economico" nel quale gli investitori privati si trovano ad operare. Infatti è necessario sottolineare che la relazione tra capitale pubblico e capitale privato potrebbe essere di spiazzamento nel breve periodo e di complementarità nel lungo periodo (fattispecie che si verifica con una elevata frequenza) o viceversa.

Un ulteriore aspetto che vale la pena sottolineare, riguarda il fatto che gli effetti finora descritti dipendono anche dal contesto istituzionale preso in considerazione o più precisamente dal sistema di norme e regole che definiscono l'ambiente economico in cui operano le imprese. Ad esempio, Atukeren (cfr. 2005), condusse uno studio su 25 paesi dalle caratteristiche particolarmente eterogenee. I risultati ottenuti misero in evidenza che i paesi con un settore pubblico particolarmente "ingombrante", con un minore grado di apertura verso i mercati internazionali, con numerose restrizioni sulle valute estere e di conseguenza con un ambiente macroeconomico e monetario poco mutevole e poco incline al cambiamento, sono quelli in cui le possibilità che si verificano effetti di spiazzamento sono molto più elevate. I paesi in cui al contrario vi è una maggiore facilità di accesso al credito, un livello di indebitamento sia pubblico

³⁵ È un meccanismo attraverso il quale si riesce a dimostrare che il tasso di investimento è proporzionale alla variazione della produzione nel sistema economico.

che privato particolarmente contenuto, un settore pubblico presente ma limitatamente alla fase dei controlli, un buon sistema di norme di protezione dei diritti di proprietà intellettuale e un ambiente macroeconomico stabile, ma aperto agli sviluppi futuri, sono quelli in cui vi è una maggiore probabilità che si verifichino effetti di complementarità tra capitale pubblico e capitale privato.

Altri autori (cfr. Everhart e Sumlinsky, 2008), hanno fornito evidenze circa il fatto che una maggiore corruzione porti ad una contestuale maggiore frequenza degli effetti di spiazzamento piuttosto che di complementarità.

In conclusione infine, una discriminante fondamentale tra effetti di spiazzamento o di complementarità, risiede in una molteplicità di fattori i quali sono particolarmente eterogenei, come testimoniano anche i numerosi studi condotti con riferimento a questa tematica (per una disamina completa di questi ultimi si veda l'appendice 4).

Nei capitoli che seguono invece si analizzeranno in dettaglio tutti gli approcci di stima, utilizzati dalla letteratura, per indagare la relazione tra capitale pubblico e crescita economica, a partire dal modello originario elaborato da Aschauer.

3 – APPROCCI TEORICI

Questa sezione esamina i principali approcci teorici elaborati nel tentativo di stimare l'impatto che la dotazione di capitale pubblico ha sulla crescita economica. Per ciascuno di essi, verranno presentati gli studi più importanti basati sulla specifica cornice teorica di riferimento. L'obiettivo è quello di indagare criticamente tali modelli, comprendendone i principali vantaggi e svantaggi, in modo da ricostruirne anche la dinamica evolutiva.

A tal proposito la dottrina individua due principali riferimenti teorici: quello della funzione di produzione (production function approach) e quello della funzione di costo (cost function approach).

Il primo rappresenta la modalità originaria con la quale è stata sistematizzata la problematica oggetto di indagine e consiste brevemente nell'inserimento dello stock di capitale pubblico come ulteriore input all'interno di una funzione di produzione.

Il secondo, sviluppatosi in seguito alle critiche ricevute dall'approccio precedente, sembrerebbe più vicino ad una visione aziendalistica piuttosto che economica del problema, in quanto consiste nell'analisi dell'impatto che un incremento dello stock di capitale pubblico ha sui costi (o sui profitti, in base alla visuale utilizzata per indagare la tematica) di un sistema economico. Di conseguenza esso si riduce all'elaborazione di una funzione di minimizzazione dei costi (o alternativamente di massimizzazione dei profitti).

3.1 – APPROCCIO DELLA FUNZIONE DI PRODUZIONE

Innanzitutto è necessario fornire una descrizione del quadro teorico alla base degli studi empirici che si sono sviluppati seguendo l'approccio della funzione di produzione. In questo tipo di analisi, l'equazione esposta in precedenza (2.19) è generalmente scritta come una funzione di produzione aggregata di tipo Cobb-Douglas, all'interno della quale lo stock di capitale pubblico, G_t (espresso in termini monetari) al tempo t , viene inserito come ulteriore input produttivo a

fianco dei già noti capitale privato, K_t , e lavoro, L_t . Quanto detto trova rappresentazione matematica nella seguente espressione:

$$Y_t = f(A_t L_t^\alpha K_t^\beta G_t^\gamma) \quad (3.1)$$

È possibile riscrivere l'equazione (3.1) in termini pro-capite, utilizzando il logaritmo naturale ed assumendo ritorni di scala costanti per tutti e tre i fattori della produzione considerati (ovvero $\alpha + \beta + \gamma = 1$). Ciò porta ad ottenere la seguente espressione matematica:

$$\ln\left(\frac{Y_t}{L_t}\right) = \ln A_t + \beta \ln\left(\frac{Y_t}{L_t}\right) + \gamma \ln\left(\frac{Y_t}{L_t}\right) \quad (3.2)$$

Il parametro γ esprime l'elasticità dell'output produttivo rispetto alla dotazione di capitale pubblico. Per valutarlo, la procedura maggiormente utilizzata è quella che consiste nello stimare la funzione di produzione con le variabili espresse in livelli o, in via alternativa, in differenze prime. Soprattutto nei primi lavori ciò ha rappresentato una pratica comune circa il tentativo di stimare il ruolo giocato dalla dotazione di capitale pubblico sulla crescita economica. Aschauer (1989), ha utilizzato ad esempio una costante ed una variabile di trend per calcolare $\ln A_t$.

A questo punto, in dottrina viene individuata un'ulteriore specificazione, la quale è rinvenibile dagli elaborati di Aschauer e trova espressione nella seguente formula:

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{Y_t}{L_t}\right) = & c_0 + c_1 + \beta \ln\left(\frac{K_t}{L_t}\right) + (\alpha + \beta + \gamma - 1) \ln K_t \\ & + \gamma \ln\left(\frac{G_t}{L_t}\right) \dots [+ c_2 \ln CU_t] \dots + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (3.3)$$

Da notare che oltre ai termini già definiti nelle formule precedenti qui ne rientra anche uno completamente nuovo individuabile nel tasso di capacità di utilizzo, CU_t ³⁶. Per capire meglio di che cosa si tratta, è prioritario introdurre un altro concetto, quello della semplice capacità di utilizzo.

³⁶ Capacity utilization rate (tasso sulla capacità di utilizzo)

Quest'ultimo, solitamente viene applicato in campo aziendale, ma per analogia può essere utilizzato anche con riferimento al settore pubblico. Esso rappresenta un tentativo di misurazione della capacità produttiva che un certo soggetto economico, riesce a raggiungere con le proprie dotazioni di risorse (uomini, mezzi e capitali). Rappresenta quindi la relazione tra l'output prodotto con una certa dotazione iniziale e l'output che potrebbe essere realizzato in condizione di piena capacità produttiva (ossia quando tutte le risorse a disposizione vengono utilizzate al massimo delle loro capacità).

La capacità di utilizzo espressa sotto forma di tasso, rappresenta invece il livello di produzione oltre il quale il suo costo medio inizia ad aumentare. Quest'ultimo rientra anche nella ulteriore specificazione utilizzata da Toen-Gout e Jongeling³⁷ nel 1994, la quale rappresenta una forma leggermente modificata di quella proposta da Aschauer, poc'anzi definita. Da un punto di vista matematico, può essere sintetizzata nella seguente espressione:

$$\ln Y_t = c_{0+} c_{1t} + (\alpha + \beta)[S_L \ln L_t + S_K \ln K_t] + \gamma \ln G_t + c_2 \ln CU_t + \varepsilon_t \quad (3.4)$$

È importante ricordare che il tasso di capacità di utilizzo, viene aggiunto per controllare l'influenza che il ciclo economico ha sulle variabili. Quasi tutti i lavori immediatamente successivi all'opera di Aschauer, hanno utilizzato una delle specificazioni teoriche simili a quella appena presentate³⁸.

Uno svantaggio di questa modalità di procedere, è rappresentato dal fatto che i fattori produttivi, capitale (K_t) e lavoro (L_t), vengono considerati esogeni. Di conseguenza si assume implicitamente che entrambi siano remunerati in linea con la loro produttività marginale. Per evitare ciò, diversi autori hanno fatto ricorso ad una funzione translog, in luogo della più diffusa Cobb-Douglas (cfr. Canning e

³⁷ Toen-Gout, M.W. e Jongeling, M.M., (1994), "Investment in infrastructure and economic growth", OCFEB Research Memorandum N.9404.

³⁸ Diversi autori si sono confrontati con le problematiche attinenti alla specificazione teorica proposta da Aschauer. Tatom (1991), ad esempio, ne ha utilizzata una alternativa, attraverso l'inclusione del prezzo dell'energia e della capacità di utilizzo come moltiplicatori sia della dotazione di capitale pubblico, sia della dotazione di capitale privato, trovando evidenze circa un potenziale incremento della produttività a seguito di un aumento dello stock di capitale pubblico. Tuttavia Duggal (1999) criticò aspramente il lavoro di Tatom, sulla base che il prezzo dell'energia rappresenta un fattore produttivo che deve essere incluso all'interno della funzione di costo delle imprese e di conseguenza anche come input produttivo all'interno della funzione di produzione.

Bennathan 2000, Albala-Bertand e Mamatzakis 2004, Everaert e Heylen 2004, Charlot e Schmitt 1999).

Il maggiore problema connesso alla stima della funzione di produzione riguarda la possibile presenza di causalità inversa (reverse causation), brevemente introdotto nei paragrafi iniziali. Per capire di cosa si tratta, si immagini che gli investimenti ($I_t = \Delta K_t$) dipendano dall'output, ad esempio tramite una funzione di risparmio del tipo $S_t = sY_t$, è possibile utilizzare la seguente espressione matematica:

$$\Delta K_t = sY_t - dK_t \quad (3.5)$$

dove Y_t rappresenta l'output aggregato e d rappresenta il tasso di deprezzamento. Ciò porta alla relazione di equilibrio descritta dalla seguente formula:

$$K_t = \frac{sY_t}{d} \quad (3.6)$$

Quanto riportato, evidenzia un feedback dall'output verso lo stock di capitale, rendendo difficile identificare ed interpretare i risultati forniti dall'approccio della funzione di produzione così come delineato nell'equazione (3.2). Il rapporto con questa problematica rappresenta tuttora il cuore dell'analisi circa la tematica del rapporto che intercorre tra la dotazione di capitale pubblico e la crescita economica.

Diverse sono le soluzioni elaborate dalla letteratura per risolvere il problema della causalità inversa. La prima consiste nella strutturazione di alcuni test specifici che siano in grado di individuare il "verso" della causalità. Altre tipologie di soluzione invece afferiscono all'utilizzo di dati panel, alla stima di equazioni simultanee e all'utilizzo di variabili strumentali.

Tralasciando solo per un momento il discorso relativo ai test specifici per l'analisi della causalità, Fernald (1999) rappresenta un buon esempio della soluzione che fa ricorso all'utilizzo di dati panel. Raccogliendo dati per 29 settori dell'economia statunitense, relativi al periodo 1953-1989, egli evidenziò come a cambiamenti nella dotazione di capitale pubblico, prettamente infrastrutturale, fossero associati speculari cambiamenti nella produttività delle imprese,

soprattutto quelle che facevano maggiore ricorso a mezzi di trasporto per le proprie merci. L'autore sosteneva che se lo stock di capitale infrastrutturale fosse considerato come variabile esogena, non ci si dovrebbe aspettare nessuna relazione particolare tra la produttività delle imprese (specialmente quelle vehicle intensive) e i cambiamenti di tale stock. Secondo l'autore, i risultati ottenuti, suggerivano che il notevole incremento dello stock di capitale infrastrutturale, verificatosi negli Stati Uniti nel corso degli anni cinquanta e sessanta, ha offerto una notevole e irripetibile spinta alla crescita economica e al livello della produttività.

Un altro studio rilevante, attinente al campo dei dati panel, è quello realizzato da Canning e Pedroni (1999). Essi costruiscono un modello in forma ridotta in cui l'incremento, sia del capitale pubblico che di quello privato, sono finanziati dai risparmi disponibili. In questo modo si ottiene un effetto di massimizzazione sul livello dell'output produttivo. La natura di questa relazione, tanto nel lungo quanto nel breve periodo, varia notevolmente tra i paesi oggetto di indagine. Tuttavia essendo i dati utilizzati stazionari e cointegrati, i due autori hanno fatto ricorso a modelli dinamici a correzione d'errore (VECM). Testando le restrizioni applicate a questa tipologia di modello, essi furono in grado di interpretare la direzione della causalità. Apparve subito evidente che quest'ultima poteva viaggiare in entrambe le direzioni: dallo stock di capitale pubblico all'output produttivo e viceversa.

Un'altra modalità abbastanza intuitiva per cercare di risolvere il problema della causalità è quello di sviluppare un modello basato su un sistema di equazioni simultanee³⁹, il quale rappresenta una semplificazione dei modelli autoregressivi. La prima equazione è quella attraverso cui si esprime la relazione tra l'output produttivo e la dotazione di capitale pubblico esistente; la seconda invece compie esattamente il percorso opposto, stabilendo quindi un legame tra la dotazione di capitale pubblico e l'output produttivo.

³⁹ Si tratta di un insieme di due o più equazioni. Una soluzione di un sistema è un insieme di valori delle incognite che soddisfano contemporaneamente tutte le equazioni del sistema. Un caso importante in campo economico è quello dei sistemi lineari, cioè di m equazioni algebriche lineari (dove compaiono polinomi di primo grado) in n incognite. Con notazione matriciale esso si descrive nella forma $Ax=b$, dove A è una matrice con m righe e n colonne di elemento generico a_{ij} , x è un vettore colonna incognito con n componenti e b è un vettore assegnato di termini noti con m componenti. Un tale sistema si dice compatibile se esiste almeno una soluzione e determinato se essa è unica.

Un buon esempio di questo tipo di soluzione, sono stati Demetriades e Mamuneas⁴⁰ (2000), i quali stimarono un sistema di equazioni basato su un modello intertemporale di massimizzazione del profitto⁴¹. Queste stime si riferiscono a un “pooled model” per 12 paesi appartenenti all’area dell’OCSE, con riferimento al periodo 1972-1991. Nel breve periodo, l’effetto di un incremento della dotazione di capitale pubblico sulla crescita economica varia dal 2.06% della Norvegia allo 0.36% del Regno Unito. Anche per quello che riguarda il lungo periodo, i due autori hanno trovato risultati non omogenei tra i paesi oggetto di indagine. Con riferimento all’aspetto prettamente teorico, essi hanno utilizzato come punto di partenza, lo stock di capitale pubblico esistente ad un certo istante temporale, operando con l’idea che il paese cerchi di massimizzare il valore presente dei profitti futuri, in modo da ottenere un livello più elevato di output produttivo. In un primo momento, le imprese decidono il proprio output ottimale e la quantità dei fattori di produzione, basandosi sullo stock di capitale pubblico e di capitale privato disponibile in quel preciso momento. È solo in un secondo momento che le stesse imprese scelgono la dotazione ottimale di capitale (sia pubblico che privato). Gli autori sostengono che per tenere conto del problema di ottimizzazione delle aziende si evita il problema della simultaneità, tipico invece della funzione di produzione. Anche se ciò può essere vero per lo stock di capitale privato, non è certamente vero per quello di capitale pubblico, in quanto quest’ultimo nell’approccio della funzione di produzione, viene considerato esogeno.

Un tentativo migliore, riguardo all’utilizzo di un sistema di equazioni simultanee, è quello che va sotto il nome di “cross-country growth model” ad opera di Esfahani e Ramirez⁴² (2003), i quali svilupparono per l’appunto un modello di crescita strutturale che riesce a distinguere gli effetti reciproci provocati dallo stock di capitale pubblico, da quelli provocati invece dagli altri fattori produttivi. Il modello evidenzia non solo, le modalità attraverso le quali le caratteristiche (fisiche e strutturali) di ogni paese, entrano all’interno della

⁴⁰ Demetriades, P.O. e Mamuneas, T.P., (2000), “Intertemporal output and employment effects of public infrastructure capital: evidence from 12 OECD economies”, *Economic Journal* (110), pp. 687-712.

⁴¹ In realtà questo lavoro appartiene al secondo approccio (cost function approach), ma viene semplicemente citato in questo contesto in quanto rappresenta un buon esempio di cosa sia un sistema di equazioni simultanee.

⁴² Esfahani, H. e Ramirez, M.T., (2003), “Institution, infrastructure and economic growth”, *Journal of development economics*, (70), pp. 443-477.

relazione tra capitale pubblico e output produttivo, ma anche come queste ultime conducono ad una eterogeneità di risultati. Gli autori partono naturalmente da una situazione di stato stazionario (steady state), per poi individuare anche il tasso di convergenza verso questo stato stazionario (ossia la velocità con cui i vari paesi tendono a muoversi verso la situazione di steady state). Essi sottolineano che l'interazione tra capitale pubblico e output, può essere stimata simultaneamente, come all'interno di un sistema ricorsivo⁴³. Tale relazione viene formulata attraverso processi a correzione d'errore, per tenere in debita considerazione gli effetti simultanei di shock riguardanti la dotazione di capitale pubblico e i conseguenti adeguamenti necessari per un ritorno alla situazione di equilibrio. I risultati ottenuti contribuiscono a fare luce su quelli che potrebbero essere i fattori che guidano un paese nelle scelte rispetto alle sue esigenze di investimento pubblico, tra questi: il livello di dotazione iniziale, la posizione geografica e la flessibilità del bilancio pubblico. All'interno di questo studio, altre conclusioni degne di menzione, riguardano ulteriori fattori che potrebbero avere una qualche influenza sulla tematica oggetto di indagine. Tra questi rientrano la credibilità ed affidabilità del settore pubblico nell'attuazione delle proprie politiche (basso rischio di changing rules ovvero il continuo cambiamento della normativa di riferimento in certi settori, soprattutto quelli considerati strategici ai fini di una politica di rilancio degli investimenti).

Cadot (1999, 2006)⁴⁴ ha invece ritenuto di sviluppare un modello che considerasse come endogeno il processo alla base dell'accumulazione di capitale pubblico. In questo caso quindi la specificazione matematica del modello deve necessariamente tenere in considerazione i processi decisionali relativi a politiche di rilancio degli investimenti, valutando quindi anche, se le modalità con cui avvengono le scelte fatte dalle singole regioni, possano interferire tra di loro oppure completarsi a vicenda. Stimando il modello per 21 regioni della Francia con riferimento al periodo 1985-1991, i risultati mostrano una certa elasticità positiva dell'output produttivo rispetto allo stock di capitale pubblico (pari allo 0.10). L'autore, utilizzando gli stessi dati, aveva anche stimato un modello basato

⁴³ In matematica e in logica si intende il procedimento per cui in una successione di funzioni è calcolabile il valore di ciascuna funzione, se si conosce il valore della precedente.

⁴⁴ Cadot, O. (1999), "A political economy model of infrastructure allocation: an empirical assessment", CEPR Discussion Paper No.2336; (2002), "Contribution to productivity or pork barrel? The two faces of infrastructure investment", WZB Discussion Paper No.02-09.

su una singola equazione con il metodo OLS, ottenendo come risultato un'elasticità dell'output rispetto al capitale pubblico di 0.09. Ciò suggerirebbe che l'errore standard legato a questo secondo metodo non è poi così evidente, ma solo moderato, rispetto ad un modello basato sulle equazioni simultanee. Un aspetto interessante di questo studio risiede nel fatto che l'autore evidenziò come la dotazione di capitale pubblico specie quello infrastrutturale (e ancor più nello specifico strade e ferrovie) non fu costruito per ridurre la mole di traffico quotidiano, ma per fini essenzialmente politici, ovvero ottenere un nuovo mandato alle successive elezioni. Inoltre, il numero delle grandi imprese presenti in una regione, sembra essere una determinante essenziale per spiegare le dinamiche alla base di politiche di rilancio degli investimenti. Non a caso vi era una certa corrispondenza fra la presenza di imprese di grandi dimensioni e la mole di investimenti pubblici sostenuti.

Anche Kemmerling e Stephan⁴⁵ concentrarono i loro studi sui processi decisionali riguardanti lo stock di capitale pubblico. Gli autori utilizzarono dati panel per 87 città tedesche, relativamente agli anni 1980, 1986 e 1988, basandosi sempre su di un sistema di equazioni simultanee. Rispetto alle specificazioni analizzate finora, essi inserirono anche altre variabili, cosiddette di lobbying (che letteralmente viene tradotto con il termine manovre di corridoio e che solitamente fa riferimento al fenomeno della corruzione, il quale purtroppo trova ampia diffusione nel settore pubblico). Essi misero in evidenza che nelle città amministrare dallo stesso partito al governo del paese, non solo vi era una dotazione di capitale pubblico più elevata, ma anche l'ammontare della spesa per investimenti pubblici era nettamente più significativo rispetto alle città governate da altre coalizioni. Di conseguenza l'affiliazione politica, misurata come la coincidenza tra partito al governo locale e partito al governo nazionale, era una variabile determinante nello spiegare le scelte di allocazione della spesa pubblica per investimenti, a prescindere da qualsiasi altro discorso legato all'efficienza, all'efficacia e all'economicità. È importante sottolineare che questo studio ha aperto la strada ad un ulteriore filone di ricerca in questo ambito, il quale tenta di

⁴⁵ Kemmerling, A. e Stephan, A., (2002), "The contribution of local public infrastructure to private productivity and its political economy. Evidence from a panel of large German cities", *Public Choice* (113), pp.403-422.

spiegare le ragioni alla base delle differenze circa lo stock di capitale pubblico tra le varie regioni e i vari paesi.

L'utilizzo di una variabile strumentale, rappresenta l'ultima modalità per cercare di risolvere il problema della causalità. I primi a farvi ricorso sono stati Finn (1993), Ai e Cassou (1995), tramite l'applicazione dello stimatore GMM⁴⁶ (Generalized Method of Moments). Tramite l'utilizzo di questo stratagemma Finn⁴⁷, all'interno del suo lavoro, ottenne come risultato una significativa elasticità dell'output produttivo rispetto allo stock di capitale pubblico (individuato però solo nelle infrastrutture stradali), pari a 0.16.

Anche Ai e Cassou⁴⁸ ottennero risultati più o meno simili nei loro elaborati (0.15), con riferimento però all'intera dotazione di capitale pubblico e non alle sole infrastrutture.

Uno studio più recente che utilizza questo tipo di approccio è quello condotto da Calderon e Serven⁴⁹. Essi hanno stimato una funzione di produzione Cobb-Douglas, per un panel di 101 paesi, con riferimento al periodo 1960-1997. Questi ultimi hanno utilizzato dei valori ritardati per la variabile esplicativa ed inoltre, a causa della non-stazionarietà dei dati, hanno fatto ricorso alle differenze prime. Cercando anche di tenere in considerazione le caratteristiche specifiche di ogni singolo paese. I risultati ottenuti mostrarono, in media, un'elasticità dell'output rispetto al capitale pubblico dello 0.16.

La tabella in appendice (Appendice 1) mostra i principali studi e i relativi risultati ottenuti, basandosi sull'approccio della funzione di produzione.

In sintesi, la maggior parte degli studi sviluppatasi su questo tipo di tematica e con questo approccio, mettono in evidenza un effetto positivo

⁴⁶ È un metodo assai generale di ricerca degli stimatori di un modello statistico particolarmente utilizzato nell'ambito dell'econometria. L'idea alla base di quest'ultimo, è di sfruttare condizioni sui momenti, che possono essere derivate da un problema di stima con poco sforzo. Si consideri dunque in campione di dati $(x_1)^{i-1}$ e una funzione che dipende da un singolo dato e dal vettore di parametri oggetto di stima θ , e si imponga che tale funzione, in corrispondenza del valore vero dei parametri θ_0 abbia valore atteso nullo: $E[f(x_i; \theta_0)] = 0$. In questo metodo è necessario imporre una condizione come la precedente e relativa ai momenti di ordine 1,2,3.... per ciascun elemento del vettore θ . Ciò dà origine a un sistema, la cui soluzione è il vettore di stime θ^n . Con questo metodo, è possibile quindi imporre un numero di condizioni che eccede la dimensione del vettore θ .

⁴⁷ Finn, M. (1993), "Is all government capital productive?", Federal Reserve Bank of Richmond, Economic Quarterly. 79: 53-80.

⁴⁸ Ai, C. e Cassou, S.P., (1995), "A normative analysis of public capital", Applied economics, 24, 1201-1209.

⁴⁹ Calderon, C. e Serven, L., (2002), "The output cost of Latin America's infrastructure gap", Central bank of Chile Working Paper No.186.

sull'output a seguito di un incremento dello stock di capitale pubblico, anche se non nella misura rinvenuta dai lavori di Aschauer. Ad ogni modo ad oggi, vi è maggiore consenso in ambito accademico, nonostante le problematiche qui presentate, circa gli effetti positivi che un incremento dello stock di capitale pubblico, ha sulla crescita economica.

3.2 – APPROCCIO DELLA FUNZIONE DI COSTO

Alcune delle problematiche relative all'approccio precedente, potrebbero essere limitate strutturando un'ulteriore specificazione, la quale deriva in ogni caso dall'approccio della funzione di produzione, che sia in grado di ottimizzare le scelte compiute dagli operatori economici, le quali generalmente si traducono nella risoluzione di due problematiche tra loro molto simili, una concernente la minimizzazione dei costi, l'altra riguardante la massimizzazione dei profitti.

La prima è quella utilizzata per specificare dettagliatamente la funzione di costo del settore privato (C), all'interno della quale le imprese hanno l'obiettivo di produrre un certo livello di output (Q) al minor costo possibile, data la tecnologia esistente. Poiché il costo dei fattori di produzione (p^i) è determinato in maniera esogena, gli operatori economici per raggiungere l'obiettivo appena descritto, hanno a disposizione un'unica soluzione: lavorare sulle quantità dei fattori di produzione (q^i). Ciò trova una rappresentazione matematica nell'equazione (3.7).

In alternativa, la seconda espressione, consiste nella massimizzazione dei profitti (P) sempre da parte degli operatori economici presenti all'interno del sistema, prendendo come dati un certo livello di output e i prezzi degli input produttivi. Quanto detto è rappresentato nell'equazione (3.8).

$$C(p_t^i, q_t^i, A_t, G_t) = \min \sum_{t \rightarrow \infty}^i p_t^i q_t^i \quad \text{con } Q_t = f(q_t^i, A_t, G_t) \quad (3.7)$$

$$\pi(p_t^q, p_t^i, q_t^i, A_t, G_t) = \max p_t^q Q^t - \sum_{t \rightarrow \infty}^i p_t^i q_t^i \quad \text{con } Q_t = f(q_t^i, A_t, G_t) \quad (3.8)$$

Quando gli operatori economici si trovano di fronte a problematiche di ottimizzazione⁵⁰, essi devono tenere in considerazione le variabili che caratterizzano l'ambiente economico in cui operano. Una di queste variabili è rappresentata, dal livello di progresso tecnologico (A), mentre un'altra che ha ripercussioni sul processo produttivo delle imprese, consiste nella dotazione di capitale pubblico disponibile (G), ad un certo istante temporale. Quest'ultima, già vista con riferimento all'approccio precedente, la si trova anche in quello della funzione di costo, come un input produttivo fisso e non remunerato. Anche se, lo stock di capitale pubblico in questo caso, è considerato dato, ogni operatore economico può scegliere in completa autonomia la quantità che ne vuole utilizzare ai fini del proprio processo produttivo. Ciò implica che l'utilizzo della dotazione di capitale pubblico da parte dei vari soggetti economici diventa un problema di ottimizzazione, all'interno del quale il settore pubblico deve essere in grado di regolare la domanda e l'offerta di questo fattore produttivo in base alle richieste degli operatori economici per lo svolgimento delle proprie attività.

Due differenze appaiono subito evidenti nel momento in cui si mettono a confronto i due approcci finora trattati. Innanzitutto nell'approccio della funzione di costo, l'espressione matematica utilizzata è molto più flessibile rispetto a quella delineata dall'approccio della funzione di produzione. Ad esempio non risulta necessaria l'imposizione di nessuna restrizione ex ante al modello, come quella attinente alla sostituibilità dei fattori della produzione. Al di là dell'effetto diretto che un incremento della dotazione del capitale pubblico può avere sull'output e che viene calcolato nel momento in cui viene stimata la funzione di produzione, è importante ricordare che quest'ultima può avere anche effetti indiretti sulla crescita economica. Infatti le imprese potrebbero modificare o adattare la propria specifica funzione di produzione, nel caso in cui il capitale pubblico fosse un sostituto (o perfino un bene complementare) dei fattori produttivi che queste ultime normalmente utilizzano per il proprio processo produttivo.

Vi sono evidenze circa il fatto che, un incremento dello stock di capitale pubblico, in modo particolare quello infrastrutturale, determina anche un incremento dello stock di capitale privato (questo aspetto è stato analizzato in

⁵⁰ Con questo termine si vuole indicare generalmente o un percorso di minimizzazione dei costi, o uno di massimizzazione dei profitti. In questo caso è evidente che il termine viene usato in maniera indistinta.

dettaglio nel paragrafo 2.6) e conseguentemente dell'output aggregato. Ciò su cui vale la pena soffermarsi in questa sede, riguarda anche il fatto che utilizzando un'espressione matematica più flessibile, vi è la possibilità di determinare l'influenza che il capitale pubblico ha sui fattori della produzione del settore privato, e di conseguenza di delineare con maggiore precisione gli effetti aggregati (sia diretti che indiretti) che quest'ultimo ha sull'output produttivo.

La seconda differenza riguarda il fatto che le stime derivanti dall'approccio della funzione di produzione soffrono di errori dovuti all'utilizzo di un sistema basato principalmente sulle equazioni simultanee. Nello specifico le variabili a destra nella funzione di produzione, ovvero il lavoro (L) e la capacità di utilizzo (Cu) vengono trattate come esogene. Questa situazione non viene contemplata nel presente approccio, poiché i costi (o i profitti), vengono riportati direttamente, di conseguenza trovano immediata rappresentazione anche i fattori della produzione. Ciò porta ad affermare che questi ultimi non sono più esogeni rispetto al livello dell'output produttivo, mentre saranno considerati esogeni, i prezzi. Perciò il problema, di una possibile endogeneità delle variabili persiste, ma non riguarda quelle con riferimento all'approccio della funzione di produzione in cui tale problematica si verificava.

Un'espressione matematica flessibile è composta da diversi parametri che devono essere stimati, ma anche da termini di secondo ordine i quali sono i cosiddetti "cross-products" dei fattori di produzione. Questi termini di secondo ordine potrebbero creare problemi di multicollinearità⁵¹. In più, per ovviare a tale problematica, il data set non solo deve essere particolarmente ampio, ma deve anche contenere un numero particolarmente elevato di variabili. Per questa ragione la maggior parte degli studi che si sono basati su questo approccio, hanno utilizzato dati panel, i quali sono in grado di combinare la dimensione temporale con la dimensione regionale oppure con quella settoriale.

Diversi studi, (per una disanima di quelli più recenti si veda l'appendice 2) hanno ottenuto come risultato principale, evidenze circa il fatto che un incremento di capitale pubblico riduce i costi di produzione, o alternativamente, aumenta i profitti. Ad ogni modo, gli effetti stimati sulla crescita economica per mezzo di

⁵¹ In statistica, è un problema che riguarda quei modelli espressi attraverso equazione lineare, quando alcune o tutte le variabili sono fra loro fortemente correlate, per cui risulta molto difficile se non impossibile, individuare separatamente l'influenza delle variabili ed anche ottenere una stima sufficientemente attendibile dei loro effetti.

una riduzione dei costi di produzione (o alternativamente di un aumento dei profitti), sono notevolmente inferiori rispetto a quelli trovati da Aschauer di cui si è parlato nei paragrafi precedenti. Nel contesto appena descritto, l'effetto di "risparmio" generato da un incremento del capitale pubblico, sui costi di produzione del settore privato, emerge solamente nel caso in cui l'effetto di sostituzione di alcuni fattori di produzione del settore privato supera gli effetti complementari degli altri input produttivi.

La maggior parte degli autori rifiuta chiaramente l'ipotesi di ritorni di scala costanti per tutti i fattori di produzione. Eccezioni a questa affermazione sono i lavori di Conrad e Seitz⁵², i quali rifiutano anche l'ipotesi di omogeneità⁵³ della funzione di costo, che rappresenta una delle assunzioni principali della maggior parte degli altri studi. Tuttavia se si accetta l'ipotesi che la funzione di produzione sia omogenea, si accetta di conseguenza anche l'altra ipotesi facente riferimento ai ritorni di scala costanti per tutti gli input produttivi. Imporre all'interno del modello ritorni di scala costanti e concorrenza perfetta implica che la riduzione dei costi (o l'aumento dei profitti), comportino necessariamente un aumento della dotazione di capitale pubblico. Ad ogni modo come già evidenziato da alcuni addetti ai lavori, l'equazione (3.7) non può essere risolta se non attraverso l'imposizione di una serie di assunzioni, tra le quali sono da richiamare, proprio i ritorni di scala costanti e l'ipotesi della concorrenza perfetta. Ciò mette in evidenza come la stima di tutti i parametri della funzione risultino tutti ugualmente importanti per ottenere risultati soddisfacenti e robusti.

Diversi autori, sono riusciti a sistematizzare tali problematiche sulla stima del capitale pubblico attraverso l'introduzione di un indice, come il tasso di capacità di utilizzo di un determinato fattore produttivo, per stimarne l'impiego che di questi ultimi viene fatto da parte del settore privato. L'impressione che si ricava da quest'ultimo passaggio è che l'inserimento della capacità di utilizzo viene fatto quasi esclusivamente per incrementare in modo artificioso la variabilità dei dati, in modo da far fronte al problema precedentemente espresso

⁵² Conrad, K. E Seitz, H., (1992), "The public capital hypothesis: the case of Germany", *Recherches économiques de Louvain*, 58: 309-327; (1994), "The economic benefits of public infrastructure", *Applied economics*, 26: 303-311.

⁵³ Per omogeneità della funzione di costo si intende che aumentando i prezzi dei fattori di produzione, aumentano della stessa e identica misura i costi.

della multicollinearità. Da un certo punto di vista, ci sono essenzialmente due ragioni alla base del processo di aggiustamento del capitale pubblico.

La prima è che quest'ultimo è un input "collettivo", ovvero un fattore della produzione che qualsiasi operatore economico è costretto a condividere con tutti gli altri, non potendo goderne in via piena ed esclusiva. Tuttavia, dal momento che molte delle fattispecie che rientrano all'interno dello stock di capitale pubblico, sono soggette al già affrontato problema della congestione, l'ammontare di capitale pubblico che un operatore economico può utilizzare ad un certo istante temporale, è sicuramente inferiore all'ammontare complessivamente offerto all'interno del sistema economico. Ad ogni modo esistono diversi dubbi circa il fatto che il "capacity utilization rate" sia una misura affidabile del grado di congestione del capitale pubblico.

La seconda, risiede nel fatto che gli operatori economici hanno comunque un qualche tipo di controllo (anche se minimo) sullo stock di capitale pubblico esistente ad un certo istante temporale. Ad esempio, un'impresa potrebbe decidere quali infrastrutture utilizzare maggiormente, semplicemente variando i propri percorsi per la consegna dei prodotti finiti, in questo modo influenzando indirettamente lo stock di capitale pubblico. Questo è uno dei motivi per cui, vi sono delle oscillazioni, anche particolarmente marcate, sull'intensità con la quale viene utilizzato il capitale pubblico tra le diverse aree geografiche.

È già stato evidenziato che anche i dati su cui viene svolta l'analisi presentano diverse problematiche quando si utilizza l'approccio della funzione di produzione. Alcune di queste, difficilmente trovano soluzione tramite l'utilizzo dell'approccio della funzione di costo come ad esempio la non-stazionarietà dei dati. Infatti per rendere giustificabili da un punto di vista econometrico i risultati ottenuti attraverso questi studi, sarebbe necessario utilizzare qualche tipo di filtro all'interno della serie temporale oppure verificare se vi è un qualche grado di cointegrazione tra le variabili considerate. Le modalità per tentare di attenuare queste problematiche sono le stesse già analizzate per l'approccio della funzione di produzione, tra cui è necessario citare il "Vector Error Correction Model (VECM)", ossia il vettore a correzione d'errore, del quale sarà data ampia trattazione nel proseguo dell'elaborato.

Cercando di riassumere le caratteristiche principali dell'approccio della funzione di costo, ci si imbatte anche in quello che è il problema principale di

quest'ultimo: la flessibilità. Infatti la flessibilità della forma matematica richiede un elevato numero di informazioni che devono essere inserite nel database. Inoltre come evidenziato all'interno di questo paragrafo, molti dei problemi riscontrati nell'approccio della funzione di produzione, come la direzione della causalità e la non-stazionarietà dei dati, permangono, non trovando una soluzione adeguata e definitiva.

4 – APPROCCI EMPIRICI

In questa sezione saranno analizzati i principali approcci empirici elaborati dalla dottrina per indagare la relazione esistente tra lo stock di capitale pubblico, la crescita economica ed alcune delle principali variabili macroeconomiche (nel caso specifico del presente elaborato, occupazione e capitale privato).

Nei primi studi, all'interno del quadro teorico di riferimento offerto dall'approccio della funzione di produzione, si procedeva con la stima di una singola equazione statica. Generalmente infatti, veniva effettuata una regressione dell'output totale sulle altre variabili appartenenti generalmente al settore privato, tra cui vi era anche la dotazione di capitale pubblico, inserita appunto come ulteriore input produttivo all'interno della funzione di produzione. Gli effetti dello stock di capitale pubblico, venivano naturalmente misurati dal coefficiente di questa variabile all'interno della regressione, il quale poteva essere interpretato come l'elasticità dell'output rispetto alla dotazione di capitale pubblico e da cui poteva essere derivata una misura della produttività marginale di quest'ultimo. Variazioni rispetto a questa specificazione includevano l'utilizzo di una costante e di una variabile di trend come approssimazione sia della produttività multifattoriale che del tasso sulla capacità di utilizzo, in modo da tenere in considerazione le fluttuazioni dovute al ciclo economico (business cycle).

Come già avuto modo di anticipare, i risultati ottenuti da Aschauer circa l'impatto della dotazione di capitale pubblico sulla crescita economica, erano inspiegabilmente elevati e per questa ragione furono aspramente criticati, specialmente dal punto di vista econometrico. I principali problemi derivavano dal fatto che per sua natura, l'approccio della funzione di produzione è basato su una singola equazione statica, non prendendo in considerazione quindi, l'aspetto dinamico della problematica e il rapporto di interconnessione tra le variabili.

Il primo problema "econometrico", riguardava il trend stocastico. Infatti, durante l'arco temporale 1950-1990, preso come riferimento dalla maggior parte degli studi, la dotazione di capitale pubblico e l'output produttivo erano non-stazionari. Diversi studi dopo aver risolto tale problematica attraverso l'utilizzo delle differenze prime piuttosto che delle variabili in livelli, hanno sempre evidenziato un'influenza positiva dello stock di capitale pubblico sull'output produttivo, ma non ai livelli trovati da Aschauer. Tuttavia, come già anticipato nei

paragrafi precedenti, la difficoltà più evidente risiedeva nella risoluzione del problema riguardante la direzione della causalità. Una parte della letteratura, ha cercato di risolvere tale problematica alla radice, attraverso l'utilizzo prima del vettore autoregressivo e successivamente del vettore a correzione d'errore (VECM, vector error correction model).

Questo capitolo sarà organizzato come segue. I primi tre paragrafi saranno dedicati al VAR o meglio ai modelli basati sui vettori autoregressivi: il primo conterrà una breve introduzione a questa tipologia di approccio elencandone le principali caratteristiche; il secondo ed il terzo tratteranno rispettivamente del VAR senza restrizioni e di quello strutturale. Il quarto paragrafo verterà interamente sulla nozione di cointegrazione, la quale è propedeutica all'utilizzo del VECM, al quale sarà dedicato invece l'ultimo paragrafo.

4.1 – UNA BREVE INTRODUZIONE AI VETTORI AUTOREGRESSIVI

Generalmente gli economisti sono abituati ad elaborare modelli in cui alcune variabili non sono solamente esplicative per una data variabile dipendente, ma esse sono anche spiegate da quelle stesse variabili che poi vengono utilizzate per determinare quello che tra gli econometristi è conosciuto con il nome di sistema di equazioni simultanee e all'interno del quale è necessario identificare esattamente quali sono le variabili esogene e quali sono le variabili endogene. A dire la verità questa situazione, in economia, si verifica con una certa frequenza.

Ad ogni modo, i modelli elaborati con questa metodologia, sono iniziati a diventare particolarmente complessi e di difficile gestione. Allo stesso tempo l'econometria ha iniziato a porre una serie di nuove problematiche tali per cui, questo approccio del sistema di equazioni simultanee, non era più adatto ad offrire soluzioni adeguate e che permettessero contemporaneamente di ottenere risultati robusti. Ad esempio, quando i modelli fino a quel momento conosciuti, fallirono nel prevedere lo shock petrolifero alla fine degli anni '70, essi persero la maggior parte del loro appeal verso coloro i quali ne avevano fatto uno strumento di lavoro affidabile e sicuro. Le prime critiche al sistema di equazioni simultanee furono ad

opera di Lucas, Sargent e Sims, agli inizi degli anni '80. Entrando più nel dettaglio essi si soffermarono in modo particolare, sul problema della differenziazione tra variabili esogene ed endogene. Secondo gli autori infatti, se vi è simultaneità tra un certo numero di variabili, allora tutte le variabili devono essere trattate allo stesso modo, senza alcuna distinzione tra quelle endogene e quelle esogene. Nello specifico, tutte dovrebbero essere endogene.

Da questo momento in avanti, tra gli economisti e ancora di più tra gli econometristi, l'utilizzo dell'approccio VAR (ovvero l'approccio del vettore autoregressivo) proposto da Sims, come alternativa ai tradizionali sistemi di equazioni simultanee, iniziò a prendere prepotentemente piede, grazie anche ai contributi che via via sono stati offerti da altri autori. Tra questi è doveroso citare Blanchard, Bernanke e Quah, i cui studi risalgono tutti alla seconda metà dagli anni '80.

Allo stato attuale i modelli più utilizzati dagli economisti, per l'analisi delle serie storiche e al fine di catturare l'interdipendenza lineare tra di esse, sono i vettori autoregressivi, meglio conosciuti con l'acronimo di VAR. Questi ultimi sono una generalizzazione dei modelli autoregressivi univariati (AR), in quanto permettono la gestione di più di una variabile contemporaneamente. Di conseguenza, mentre una regressione univariata è rappresentata da un modello lineare composto da una sola equazione in una sola variabile ed in cui il valore attuale di quest'ultima è spiegato dai suoi stessi valori ritardati, il VAR al contrario è un modello lineare composto da n-equazioni in n-variabili, in cui il valore attuale di ogni singola variabile è spiegato sia dai suoi stessi valori ritardati, più i valori attuali e passati delle variabili rimanenti considerate all'interno del modello.

Tutte le variabili presenti in un VAR, entrano all'interno del modello nello stesso identico modo: ognuna di esse è trattata simmetricamente ed è rappresentata da un'equazione che spiega la sua evoluzione nel corso del tempo, la quale si basa sui valori ritardati della variabile stessa, i valori ritardati delle altre variabili e l'errore di stima (il famoso ϵ). Ad esempio nel caso di due variabili x_t e y_t , si ha che la prima variabile x_t , nel corso del tempo è influenzata dai valori attuali e passati della seconda variabile y_t , e simultaneamente la seconda variabile y_t è influenzata dai valori attuali e passati della prima variabile x_t . Quanto detto può essere sintetizzato matematicamente come segue:

$$x_t = \beta_{10} - \beta_{12}y_t + \gamma_{11}x_{t-1} + \gamma_{12}x_{t-1} + \varepsilon_{xt} \quad (4.1)$$

$$y_t = \beta_{20} - \beta_{21}x_t + \gamma_{21}x_{t-1} + \gamma_{22}y_{t-1} + \varepsilon_{yt} \quad (4.2)$$

Quelle appena evidenziate, sono le equazioni che identificano il VAR in forma primitiva, la quale prevede le seguenti assunzioni:

- x_t e y_t sono entrambe stazionarie (ovvero la loro media è costante rispetto al tempo);
- ε_{xt} e ε_{yt} sono entrambi non-correlati (con deviazione standard pari a σ_x e σ_y).

All'interno di un sistema come quello appena descritto, se la lunghezza massima del ritardo è pari a 1, ci troveremo di fronte ad un "vettore autoregressivo di primo ordine" il quale viene solitamente indicato con la seguente simbologia: VAR (1). Come è possibile osservare dalle due equazioni precedenti (4.1) e (4.2), la struttura del sistema incorpora essa stessa i feedback (o risultati di ritorno), poiché x_t e y_t si influenzano a vicenda. Per di più, dato che x_t ha un effetto su y_t e contemporaneamente, y_t ha un effetto su x_t , il modello descritto da queste due equazioni, non può essere stimato con lo standard OLS⁵⁴, altrimenti la regressione potrebbe soffrire di errori di simultaneità dal momento che il regressore e il termine espressione dell'errore di stima, dovrebbero essere correlati (x_t è correlato con il termine di errore ε_{yt} e y_t è correlato con il termine di errore ε_{xt}). Le tecniche standard di stima richiedono quindi che il regressore sia non-correlato con il termine di errore.

Per entrare maggiormente nello specifico, β_{10} è una costante, $-\beta_{12}$ è l'effetto contemporaneo del cambiamento di una unità della seconda variabile y_t sulla prima variabile x_t , γ_{11} è l'effetto del cambiamento di una unità nel valore ritardato della seconda variabile y_{t-1} sulla prima variabile x_t . I due termini ε_{xt} e ε_{yt} rappresentano innovazioni (o shock) rispettivamente sulle variabili x_t e y_t . A tal proposito è necessario ricordare che solitamente, ad eccezione del caso in cui $\beta_{12}=0$, ε_{yt} ha un effetto indiretto e contemporaneo su x_t , mentre dall'altro lato, se β_{21} è diverso da 0, allora ε_{xt} ha un effetto indiretto e contemporaneo su y_t .

⁵⁴ Ordinary least square (minimi quadrati ordinari), è un metodo per stimare i parametri sconosciuti in una regressione lineare, con l'obiettivo di minimizzare la somma dei quadrati delle differenze tra risposte osservate (i valori della variabile che si cerca di prevedere) in un dataset dato e quelli predetti da una funzione lineare di un set di variabili esplicative.

Utilizzando una matrice è possibile riscrivere il sistema in una forma più compatta e di più facile comprensione. Partendo dalle equazioni (4.1) e (4.2), spostando i coefficienti associati con l'effetto contemporaneo di ogni variabile sull'altro lato di ogni equazione (da destra a sinistra rispetto al simbolo di uguaglianza), si ottiene:

$$x_t + b_{12}y_t = b_{10} + \gamma_{11}x_{t-1} + \gamma_{12}x_{t-1} + \varepsilon_{xt} \quad (4.3)$$

$$y_t + b_{21}x_t = b_{20} + \gamma_{21}x_{t-1} + \gamma_{22}y_{t-1} + \varepsilon_{yt} \quad (4.4)$$

oppure secondo la seguente formulazione matriciale:

$$\begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{t-1} \\ y_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{xt} \\ \varepsilon_{yt} \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

Quest'ultima può essere sinteticamente riscritta nella seguente modalità:

$$Bk_t = \varphi_0 + \varphi_1 k_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.6)$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix}, k_t = \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \end{bmatrix}, \varphi_0 = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

$$\varphi_1 = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix}, k_{t-1} = \begin{bmatrix} x_{t-1} \\ y_{t-1} \end{bmatrix}, \varepsilon_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_{xt} \\ \varepsilon_{yt} \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

Moltiplicando entrambi i lati dell'equazione (4.5) per B^{-1} , si ottiene quella che è conosciuta come forma standard del modello VAR e che può essere così espressa:

$$k_t = B^{-1}\varphi_0 + B^{-1}\varphi_1 k_{t-1} + B^{-1}\varepsilon_t \quad (4.9)$$

$$k_t = A_0 + A_1 k_{t-1} + e_t \quad (4.10)$$

dove

- k_t è un vettore ($n \times 1$) con n -variabili incluse nel modello
- A_0 è un vettore ($n \times 1$) della intercetta (in cui a_{i0} è il suo elemento i -esimo)
- A_i è la matrice ($n \times n$) dei coefficienti (in cui a_{ij} è l'elemento nella riga i della colonna j)

- e_t è un vettore ($n \times 1$) degli errori (e_{it} è il suo elemento i -esimo)

Tutto ciò nella sua forma estesa può essere così riportato:

$$x_t = a_{10} + a_{11}y_{t-1} + a_{12}x_{t-1} + e_{1t} \quad (4.11)$$

$$y_t = a_{20} + a_{21}y_{t-1} + a_{22}x_{t-1} + e_{2t} \quad (4.12)$$

Un elemento da tenere in considerazione nella forma standard sono i termini di errore (e_{1t} e e_{2t}), i quali sono una composizione di due shock strutturali ε_{xt} e ε_{yt} , come mostrano le seguenti espressioni matematiche:

$$e_{1t} = \frac{\varepsilon_{xt} - b_{12}\varepsilon_{yt}}{1 - b_{12}b_{21}} \quad (4.13)$$

$$e_{2t} = \frac{\varepsilon_{yt} - b_{21}\varepsilon_{xt}}{1 - b_{12}b_{21}} \quad (4.14)$$

$$\begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} = \frac{1}{1 - b_{12}b_{21}} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{xt} \\ \varepsilon_{yt} \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

Dal momento che ε_{xt} e ε_{yt} sono entrambi processi white-noise, ne deriva che sia e_{1t} che e_{2t} hanno media pari a zero, varianza costante e sono l'un l'altro correlati (ad eccezione del caso in cui $b_{12}=b_{21}=0$), ma non sono individualmente e serialmente correlati.

Quello che si cerca di ottenere attraverso questo processo di stima è un valore dei coefficienti nella loro forma standard (ovvero quella riportata nell'equazione 4.10)

La parte destra di questa equazione assume che i termini di errore siano serialmente non correlati e con varianza costante; ciò significa che ogni equazione può essere stimata utilizzando il metodo OLS e che i risultati ottenuti sono robusti, efficienti e privi di errori. A causa dei feedback, l'equazione primitiva del VAR non può essere stimata direttamente e nemmeno recuperando tutte le informazioni necessarie per identificare il sistema primitivo a partire da una stima OLS del sistema strutturale (quanto affermato in dottrina è conosciuto come

problema di identificazione). Per renderlo possibile è necessario imporre alcune restrizioni al sistema primitivo.

Anche se ciò può sembrare ovvio, procedendo alla stima di un VAR con due variabili ed un solo ritardo (come quello poco prima descritto) nella sua forma standard, porta alla stima di soli sei coefficienti (ovvero le due intercette e i quattro coefficienti autoregressivi) più la varianza (o la covarianza) dei termini di errore, per un totale complessivo di nove parametri, mentre il sistema primitivo, contiene almeno altri due parametri che sono rappresentati dai due coefficienti di feedback e dalle due deviazioni standard, per un totale quindi di dieci parametri. La logica deduzione è che senza l'imposizione di alcune restrizioni il sistema primitivo risulta essere sotto-individuato (o sotto-stimato).

Una soluzione per superare questo problema e per identificare in maniera univoca il modello, è quella di utilizzare il sistema ricorsivo proposto da Sims nel 1980. Imponendo una restrizione sul VAR primitivo e forzando $b_{21}=0$, si riesce a rendere il sistema asimmetrico così che y_t ha un effetto contemporaneo su x_t , ma non vi è la presenza di un effetto simultaneo di x_t su y_t . Di conseguenza alla prima variabile è permesso di influenzare la seconda solo con un ritardo. Questa condizione è allo stesso tempo necessaria e sufficiente per identificare esattamente il VAR strutturale, il quale altrimenti, come prima dimostrato, potrebbe rimanere sotto-individuato (o sotto-stimato). Con tale restrizione anche le stime delle sequenze di ε_{yt} e ε_{xt} possono essere recuperate. Di conseguenza le equazioni (4.13) e (4.14) possono essere riscritte come segue:

$$e_{1t} = (\varepsilon_{xt} - b_{12}\varepsilon_{yt}) \quad (4.16)$$

$$e_{2t} = \varepsilon_{yt} \quad (4.17)$$

Dalla prima equazione (4.9), inserendo la soluzione per b_{12} (ora è possibile calcolarla tramite l'utilizzo del sistema ricorsivo di Sims), possiamo facilmente ricostruire la sequenza residuale di ε_{xt} . I residui dall'equazione (4.10), sono esattamente le stime ottenute per la sequenza di ε_{yt} , (o detto in altre parole, l'effetto pieno di uno shock puro su y_t). Ciò significa che uno shock di ε_{xt} non ha effetti diretti su y_t , ma vi è la presenza di un effetto indiretto tale che il valore ritardato di x_t influenza il valore contemporaneo di y_t .

Come visto in precedenza, $b_{12}=0$, significa che la prima variabile x_t non ha un effetto contemporaneo sulla seconda variabile y_t . Quanto detto ha un'influenza anche per quello che riguarda i residui: gli shock sia di ε_{yt} e ε_{xt} , hanno entrambi un effetto su x_t , ma solamente gli shock di ε_{yt} hanno un effetto contemporaneo su y_t . Di conseguenza, gli econometristi, basandosi sulla teoria economica, impongono l'assunzione tale per cui una variabile non ha un effetto contemporaneo sull'altra.

Questa semplice e chiara modalità di procedere alla decomposizione dei residui è conosciuta come la "decomposizione di Cholesky". In un modello VAR con n -variabili, l'esatta identificazione richiede che vengano inserite $(n^2-n)/2$ restrizioni, in modo da tenere distinti gli shock strutturali dalla regressione dei residui. La decomposizione di Cholesky forza esattamente $(n^2-n)/2$ parametri della matrice B , ponendoli uguali a zero (nel caso bivariato di $b_{21}=0$). Procedendo in questo modo nella decomposizione dei residui, inevitabilmente l'intero sistema viene reso asimmetrico. Di conseguenza diventa cruciale l'ordinamento delle variabili (gli shock di ε_{yt} influenzano direttamente e_{1t} ed e_{2t} , ma gli shock di ε_{xt} non hanno alcun effetto su e_{2t}). L'importanza dell'ordinamento dipende dal grado di correlazione tra e_{1t} e e_{2t} (ρ_{12}). Nel caso in cui si ha un sistema dove ρ_{12} è significativamente non differente da zero, allora il problema dell'identificazione diventa meno rilevante. In tale circostanza quindi l'ordinamento potrebbe risultare irrilevante. Le equazioni (4.16) e (4.17) potrebbero diventare $e_{1t}=\varepsilon_{xt}$ e $e_{2t}=\varepsilon_{yt}$. I residui provenienti dalle due serie sarebbero rispettivamente equivalenti ai loro shock strutturali (ε_{xt} e ε_{yt}). Tutto ciò, tenendo bene in considerazione che in un modello VAR con numerose variabili, è altamente improbabile che tutte le correlazioni siano piccole e non significative.

4.2 – IL VAR SENZA RESTRIZIONI

Un VAR di ordine p -esimo, indicato come VAR(p), può essere individuato attraverso la seguente espressione matematica:

$$X_t = A_1 X_{t-1} + A_2 X_{t-2} + \dots + A_p X_{t-p} + \Phi D_t + \varepsilon_t \quad (4.18)$$

dove X_t rappresenta un insieme di variabili inserite all'interno di un vettore di dimensione $(k \times 1)$, A_j indica una matrice di dimensioni $(k \times k)$ dei coefficienti autoregressivi per $j=1, 2, \dots, p$, Φ rappresenta una matrice di dimensioni $(k \times d)$ dei coefficienti dei termini deterministici inseriti in un vettore D_t di dimensioni $(d \times 1)$. Il vettore ε_t è un processo white noise di k -dimensioni, i.e., $E[\varepsilon_t]=0$, $E[\varepsilon_t \varepsilon'_t]=\Omega$, e $E[\varepsilon_t \varepsilon'_s]=0$ per $s \neq t$, con Ω che rappresenta una matrice simmetrica positiva di dimensione $(k \times k)$.

La stima di un VAR senza restrizioni risulta essere abbastanza facile, non presentando problematiche di particolare rilievo. Concentrandosi sulle p -osservazioni (indicate come $X_{-p+1}, X_{-p+2}, \dots, X_0$) e basando la stima sul campione X_1, X_2, \dots, X_t , le k -equazioni che costituiscono il VAR, possono essere stimate separatamente tramite l'utilizzo del metodo dei minimi quadrati ordinari (OLS, ordinary least square). Senza l'imposizione di particolari condizioni, lo stimatore OLS di $A \equiv [A_1, \dots, A_p]$, risulta essere consistente e con una distribuzione normale. Inoltre, questa tipologia di risultato, si ottiene non solo nel caso di variabili stazionarie, ma anche nel caso in cui le variabili oggetto di indagine siano integrate o in alcuni casi addirittura cointegrate (Sims, Stock e Watson, 1990). Basandosi su questi risultati, diversi ricercatori hanno completamente ignorato i problemi relativi alla non-stazionarietà dei dati e hanno stimato il VAR attraverso l'utilizzo delle variabili in livelli.

Uno svantaggio, in questo modo di procedere, risiede nel fatto che mentre i coefficienti autoregressivi presenti nell'equazione (4.18) si basano su stime consistenti, questo potrebbe non essere altrettanto vero per gli ulteriori risultati che vengono derivati a partire da queste stesse stime. In modo particolare, Phillips (1998), diede evidenza circa il fatto che le impulse response functions (ossia le risposte alle funzioni di impulso) e l'errore di previsione circa la decomposizione della varianza (forecast error variance decomposition), non portano a delle stime consistenti sul lungo periodo quando queste ultime vengono derivate da VAR senza restrizioni ed in presenza di variabili non-stazionarie.

Al contrario il modello del vettore a correzione d'errore (VECM) porta a delle stime consistenti sia nel caso di impulse response functions che nel caso degli errori di previsione della decomposizione della varianza, quando le variabili sono cointegrate (ovvero stazionarie ed integrate dello stesso ordine). Siccome le risposte alle funzioni di impulso rappresentano uno dei principali strumenti per

trarre delle policy implications dall'analisi di tipo econometrico, un'indagine approfondita circa le proprietà della cointegrazione e l'uso del VECM (il quale altro non sarebbe che un vettore autoregressivo al quale vengono applicate tutta una serie di restrizioni particolari) è assolutamente necessaria.

4.3 – IL VAR STRUTTURALE

I precedenti paragrafi si sono occupati di come un modello VAR può essere stimato per valutare l'ordine di cointegrazione tra le variabili. Questi modelli solitamente sono espressi in forme ridotte e di conseguenza poco può essere detto circa le motivazioni economiche alla base della loro strutturazione, ma d'altronde ciò rappresenta una delle caratteristiche identificative del VAR. All'interno di questo paragrafo si cercherà comunque di individuare quali sono gli elementi basilari, per poter dare un minimo di interpretazione economica a questi modelli, ad esempio attraverso l'utilizzo delle impulse response functions, in modo da poter trarre delle indicazioni circa le policy da utilizzare in merito alla problematica oggetto di specifica indagine da parte del modello. Queste ultime cercano di fornire una spiegazione al comportamento delle variabili presenti nel modello, dal momento in cui una di esse subisce uno shock economico improvviso (in questo caso, ad esempio il capitale pubblico).

Il punto di partenza della seguente analisi è rappresentato dall'equazione del VAR senza restrizioni (4.18). Questa tipologia di modello si rivela utile nell'analisi strutturale, indipendentemente dal fatto che le variabili presenti in X_t , siano stazionarie oppure no⁵⁵. Moltiplicando l'equazione (4.18) per la matrice A_0 di dimensione $(k \times k)$ si ottiene la seguente formulazione:

$$A_0 X_t = A_1^* X_{t-1} + A_2^* X_{t-2} + \dots + A_p^* X_{t-p} + A_0 \Phi D_t + B e_t \quad (4.19)$$

⁵⁵ Mentre nella stima dei parametri del VAR è cruciale operare una distinzione tra le tre possibili casistiche individuate nel paragrafo 4.4, in questo caso l'analisi può procedere basandosi sull'equazione (4.11), una volta completato il processo di stima. Tutto ciò che è necessario riguarda solo la mappatura dei parametri Π e Γ_i dal VECM (4.13) alle matrici A_i .

dove $A_i^* \equiv A_0 A_i$ per ogni $i=1, 2, \dots, p$, e $Be_t = A_0 \varepsilon_t$ descrive la relazione tra gli shock strutturali ε_t e gli shock in forma ridotta ε_t . Nel prosieguo, verrà assunto che gli shock strutturali sono processi white noise non correlati, ovvero la matrice di varianza-covarianza di questi ultimi, indicata con Σ , è diagonale. La matrice A_0 descrive la contemporanea relazione esistente tra le variabili presenti nel vettore X_t . Senza imporre alcuna restrizione sui parametri A_0 , A_i^* e B , il modello che trova espressione nell'equazione (4.13), non può essere correttamente identificato. La letteratura empirica ha sviluppato ed applicato diverse procedure di identificazione, per superare tale problematica. All'interno di questo elaborato, per quanto concerne l'applicazione empirica, viene utilizzato l'approccio ricorsivo (recursive approach) originariamente proposto da Sims (1980) che riduce B ad una matrice identità di dimensione k , e A_0 a una matrice triangolare inferiore.

La soluzione alla problematica dell'identificazione data dall'applicazione dell'approccio ricorsivo al modello VAR implica che $\Omega=PP'$, dove $P \equiv A_0^{-1} \Sigma^{1/2}$ e A_0 è il triangolo inferiore. Quanto appena affermato implica che P sia la matrice triangolare inferiore la cui deviazione standard è rappresentata dagli shock strutturali sulla sua diagonale principale. Per di più, può essere dimostrato che P è il (unico) fattore di Cholesky della matrice simmetrica positiva definita in Ω (Hamilton 1994, pp. 91,92). Da notare che mentre P , come appena evidenziato, è l'unico fattore per un dato numero di variabili ordinate in X_t , tuttavia esistono in totale $k!$ possibili ordinamenti di tali variabili. Quindi diventa fondamentale valutare la sensibilità del modello ad ordinamenti alternativi delle variabili che lo costituiscono.

Una volta risolto il problema dell'identificazione, la dinamica del modello può essere analizzata attraverso le impulse response functions. Sia Θ_n per $n=1, 2, \dots$, la matrice che rappresenta le impulse response functions all'orizzonte n . L'elemento della riga i , colonna k della matrice Θ_n individua la risposta della variabile i ad un singolo incremento della deviazione standard della variabile k -esima, al periodo n . Dato che le impulse response functions sono delle variabili casuali (random variables), può essere utile l'introduzione di intervalli di confidenza in modo da poter misurare l'incertezza circa la stima delle risposte agli impulsi (impulse responses). Nell'applicazione empirica si fa ricorso all'utilizzo di intervalli di confidenza individuati con la metodologia bootstrap (intermedia). Essa può essere facilmente sintetizzata nei seguenti punti:

- a) Si inizia con la stima dei parametri del modello espressione dell'equazione (4.18) con l'appropriata metodologia;
- b) si procede con la generazione dei residui $\varepsilon_1^*, \dots, \varepsilon_T^*$, attraverso la metodologia bootstrap, ovvero procedendo casualmente con la sostituzione dei residui stimati $\hat{\varepsilon}_1, \dots, \hat{\varepsilon}_T$;
- c) si impone una condizione sui valori del pre-campione oggetto di indagine $(X_{t-p+1}^*, \dots, X_0^*) = (X_{t-p+1}, \dots, X_0)$ e si costruisce la serie storica bootstrap X_t^* attraverso l'utilizzo ricorsivo dell'equazione (4.18), ottenendo in questo modo:

$$X_t^* = A_1 X_{t-1}^* + \dots + A_p X_{t-p}^* + \Phi^{Dt} + \varepsilon_t^* \quad t = 1, \dots, T \quad (4.20)$$

- d) a questo punto si procede nuovamente con la stima dei parametri A_1, \dots, A_p, μ_0 e μ_1 dai dati generati e si calcolano le impulse response functions $\Theta_n^*, n = 1, 2, \dots$
- e) infine si ripetono i punti da b) a d) per un numero di volte particolarmente ampio (nelle applicazioni empiriche circa 1000) e si calcolano le estremità α e $1-\alpha$ dell'intervallo di distribuzione dei singoli elementi di $\Theta_n^*, n = 1, 2, \dots$, in punti percentuali. Nell'applicazione empirica del seguente elaborato si è scelto $\alpha=0.16$ con il quale si ottiene un intervallo di confidenza pari al 68%⁵⁶.

⁵⁶ Nella letteratura empirica concernente il modello VAR, di solito la scelta è tra intervalli di confidenza al 95% o al 68%. Sims (1997, pag. 443), sostiene l'utilizzo di intervalli di confidenza al 68% piuttosto che al 95% sulla base che non vi è alcuna giustificazione scientifica per testare le ipotesi ad un livello di significatività del 5%. Per questa ragione egli suggerisce di trattare la significatività statistica delle impulse response functions derivata dalle stime dei coefficienti del modello VAR che si sta testando in maniera differente dalle stime dei coefficienti dei modelli econometrici standard suggeriti dalla teoria economica. Nella maggior parte dei modelli VAR le stime dei parametri sono leggermente diverse da zero quando vengono testate ad un livello di significatività pari al 5%. Ciò si traduce in intervalli di confidenza piuttosto ampi riguardo l'utilizzo delle risposte alle funzioni di impulso. Inoltre, le stime per i modelli VAR senza restrizioni, sono di solito calibrate per fornire delle sintesi utili dei dati analizzati. Contro questo background teorico Sims (1999, pag. 118), suggerisce l'utilizzo di intervalli di confidenza al 68% per la stima delle impulse response functions. Nelle applicazioni empiriche, l'utilizzo di questo suggerimento ha trovato ampio consenso in quanto per ragioni statistiche esso porta ad un livello di significatività delle stime più elevato.

4.4 – COINTEGRAZIONE

In questo paragrafo vengono introdotti alcuni concetti fondamentali circa l'ampio argomento della cointegrazione. Tra questi la nozione di ordine di cointegrazione e quando delle serie storiche possono definirsi cointegrate. Inoltre viene mostrato come tale concetto possa essere associato all'idea di "co-movimento" di due o più variabili stazionarie.

La nozione di cointegrazione di serie storiche è direttamente legata al concetto di ordine di integrazione di un processo stocastico. A sua volta quest'ultimo, consente di stabilire, se la serie storica considerata, presenta oppure no, dei trend stocastici. Nello specifico, il processo rappresentato dal vettore $X_t = (X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{pt})'$ (px1) si dice debolmente stazionario⁵⁷ se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- $E(X_t) = \mu \forall t$
- $E[(X_t - \mu)(X_t - \mu)'] = \Omega \forall t$
- $E[(X_t - \mu)(X_{t+h} - \mu)'] = \Gamma(h) \quad \forall t \text{ ed } h$

Il processo inoltre si dice stazionario in senso stretto, se per ogni h la distribuzione congiunta di $(X_t, X_{t+1}, \dots, X_{t+h})$, è identica alla distribuzione congiunta di $(X_s, X_{s+1}, \dots, X_{s+h})$, il che sta a significare che tale distribuzione è indipendente rispetto al tempo t.

Il processo scalare X_{it} stazionario, ammette rappresentazione ARMA (k, q)⁵⁸ se può trovare rappresentazione nella seguente forma:

$$\Phi(L)X_{it} = \theta(L)\varepsilon_t \quad (4.21)$$

in cui $\Phi(L)$ e $\theta(L)$ sono polinomi nell'operatore ritardo L di ordine rispettivamente k e q. L'ipotesi di stazionarietà di X_{it} implica che le radici dell'equazione precedente, siano tutte esterne al cerchio unitario nel piano complesso. Inoltre X_{it} è detto invertibile se la stessa condizione vale per il polinomio $\theta(L)$.

Se il processo X_{it} ammette una rappresentazione ARMA (k, q) stazionaria ed invertibile dopo essere stato differenziato n volte, e non ammette una

⁵⁷ O stazionario di secondo ordine o anche stazionario in covarianza.

⁵⁸ Modello autoregressivo a media mobile.

rappresentazione stazionaria dopo essere stato differenziato $n-1$ volte, allora viene detto integrato di ordine n e si indica con il simbolo: $X_{it} \sim I(n)$.

Il processo multivariato $X_t = (X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{pt})'(p \times 1)$ è detto integrato di ordine n , se n è il massimo ordine di integrazione delle componenti di X_t . Anche in questo la rappresentazione grafica sarà: $X_{it} \sim I(n)$.

Le serie storiche che solitamente caratterizzano i fenomeni economici, sono generalmente realizzazioni empiriche di processi integrati di ordine 1, ovvero $I(1)$. L'insieme dei test elaborati e proposti dalla letteratura per la determinazione dell'ordine di cointegrazione delle serie storiche è molto ampio in quanto copre un elevato numero di possibilità a seconda dell'ipotesi alternativa che viene specificata⁵⁹.

A questo punto consideriamo due variabili X_{1t} , X_{2t} e supponiamo che siano integrate di ordine 1 (ovvero $X_{1t} \sim I(1)$ e $X_{2t} \sim I(1)$); combinando linearmente X_{1t} e X_{2t} , generalmente la variabile che si ottiene, u_t , sarà anch'essa $I(1)$. Se esiste una costante a , tale che $u_t = (X_{1t} - aX_{2t}) \sim I(0)$, allora le due serie si dicono cointegrate, con a che rappresenta il coefficiente di cointegrazione. Quindi, dato il processo stocastico multivariato X_t ($p \times 1$), le componenti di X_t sono dette cointegrate di ordine d, b , se sono presenti le seguenti due condizioni:

- 1) $X_t \sim I(d)$
- 2) Esiste un vettore di dimensioni ($p \times 1$) β_i tale che $\beta_i' X_t \sim I(d - b)$ con $d \geq b > 0$

La relazione di cointegrazione di X_t viene indicata con il simbolo: $X_t \sim CI(d, b)$

β_i è detto vettore di cointegrazione e l'intero b misura la riduzione dell'ordine di integrazione di X_t a seguito della combinazione lineare delle variabili considerate.

Se $p > 2$ possono esistere più vettori per i quali vale la relazione di cointegrazione; se ne esistono esattamente $r < p$, linearmente indipendenti, questi ultimi possono essere all'interno di una matrice di dimensioni ($p \times r$) di rango $\beta = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_r]$, in cui r rappresenta il rango di cointegrazione.

Riassumendo il punto di partenza dell'analisi sulla cointegrazione, esso risiede nel fatto che ciascun vettore autoregressivo di ordine p -esimo, $VAR(p)$, come quello descritto dall'equazione (4.18), può sempre essere riscritto sotto forma di VECM, esattamente come segue:

⁵⁹ Una sintetica rassegna di questi test è contenuta in Banerjee, Dolado, Galbraith e Hendry (1993, capitolo 4).

$$\Delta X_t = \Pi X_{t-1} + \Gamma_1 \Delta X_{t-1} + \Gamma_2 \Delta X_{t-2} + \dots + \Gamma_{p-1} \Delta X_{t-p+1} + \Phi D_t + \varepsilon_t \quad (4.22)$$

dove $\Pi \equiv -I + \sum_{i=1}^p A_i$ e $\Gamma_j = -\sum_{i=j+1}^p A_i$ con $j=1, 2, \dots, p-1$) che denotano la matrice dei coefficienti di dimensioni $(k \times k)$.

Da questo punto di vista possono essere individuati tre casi distinti:

- 1) se l'ordine di cointegrazione è pari a zero, ossia $r = 0$, allora $\Pi = 0$ e di conseguenza le variabili inserite all'interno di X_t non saranno cointegrate. In questo specifico caso esistono quindi k trend stocastici all'interno del sistema e risulta più appropriato stimare il modello VAR in differenze prime, utilizzando come regressore quello evidenziato nell'equazione (4.22) X_{t-1} .
- 2) questo secondo caso rappresenta l'esatto opposto, ovvero se l'ordine di cointegrazione è pari a k ($r = k$), allora $\Pi = k$. Di conseguenza, ogni variabile presente in X_t presa singolarmente risulterà essere stazionaria. In altre parole il numero dei trend stocastici, dato da $k - r$, sarà pari a zero. In questo caso il sistema può essere stimato attraverso il metodo dei minimi quadrati ordinari (OLS) o grazie ad un modello VAR senza restrizioni con le variabili in livelli (come quello descritto dall'equazione 4.18), o alla sua equivalente rappresentazione data dall'equazione (4.22).
- 3) il caso intermedio è quello tale per cui $0 < r < k$, e le variabili presenti in X_t hanno ordine di cointegrazione pari a $\Pi = r < k$ e $0 < k - r < k$ trend stocastici in comune. In questo caso non risulta essere appropriato procedere alla stima del sistema dato dall'equazione (4.22) attraverso il metodo dei minimi quadrati ordinari (OLS), in quanto è necessario introdurre delle restrizioni sulla matrice Π . Al contrario l'approccio che offre il risultato migliore è quello sviluppato da Johansen (1988, 1991) che può essere utilizzato per stimare lo spazio misurato dai vettori cointegrati. Un ulteriore vantaggio dell'approccio di Johansen risiede nel fatto che esso permette verificare il numero delle relazioni di cointegrazione, elemento che nella maggioranza degli altri approcci non può essere conosciuto a priori.

La specificazione del termine deterministico D_t , all'interno dell'equazione gioca un ruolo particolarmente importante ai fini dell'analisi, in quanto la distribuzione asintotica dei test statistici, utilizzata per determinare il numero dei vettori cointegrati, dipende proprio dalle assunzioni fatte su tale termine (Johansen 1995).

Johansen individua e distingue cinque possibili modelli alternativi, corrispondenti alle differenti assunzioni fatte sul termine deterministico D_t . Nel prosieguo dell'elaborato ci si concentrerà sul modello che sembra essere il più rilevante con riferimento alla tematica oggetto di analisi: alla costante non viene applicata alcuna restrizione, mentre al trend viene apposto il limite derivante dallo spazio di cointegrazione⁶⁰. L'utilizzo di questa specificazione elimina la possibile presenza di trend quadratici in X_t ed allo stesso tempo, favorisce la presenza di trend lineari in X_t ai fini della definizione di una relazione di cointegrazione. Questo modo di procedere trova giustificazione nel fatto che lo spazio di cointegrazione potrebbe contenere una funzione di produzione con almeno un vettore di cointegrazione.

Da un punto di vista prettamente statistico, il concetto di cointegrazione ha delle conseguenze sul modo in cui è possibile condurre l'analisi nei modelli economici basati su serie storiche. Come già evidenziato da alcuni autori⁶¹, la teoria asintotica "classica" (o gaussiana o standard) è accettabile da un punto di vista empirico solo in presenza di processi stazionari, mentre risulta spuria nell'ipotesi di serie non stazionarie. Tuttavia se le serie storiche del modello considerato, pur essendo individualmente integrate, sono realizzazioni empiriche di processi cointegrati, non è difficile dimostrare che la teoria asintotica standard è coerente dal punto di vista statistico.

Nei modelli macroeconomici il concetto di equilibrio viene generalmente utilizzato per individuare quelle situazioni in cui le variabili che sono oggetto di indagine, assumono una configurazione teorica nella quale non vi è una tendenza al cambiamento, ovvero a muoversi dalla situazione in cui esse si trovano (steady state). Questo concetto fu ben espresso da Machlup (cfr. Zamagni, 1989), quando scrisse: *"possiamo definire l'equilibrio nell'analisi economica come una*

⁶⁰ Pesaran e Smith (1998) sostengono che il caso qui analizzato rappresenta uno dei due casi particolari e rilevanti nelle applicazioni empiriche. L'altro è rappresentato dall'utilizzo di una costante con restrizioni e un trend non lineare.

⁶¹ Yule (1926), Granger-Newbold (1974, 1977) e Phillips (1986).

costellazione di variabili interrelate e aggiustate l'una con l'altra di modo che nessuna tendenza al cambiamento prevale nel modello che esse stesse costituiscono". Nell'ipotesi in cui tale condizione di equilibrio venga perturbata da un qualsiasi fattore interno od esterno al modello (shock economico), possono innescarsi o meno dei processi di aggiustamento in grado di ripristinare la situazione originaria. Nel caso in cui ciò avvenga ci si trova di fronte ad una situazione identificata come equilibrio stabile. Quest'ultimo ha delle implicazioni dal punto di vista empirico. Infatti trasponendo temporalmente questa nozione, è ragionevole pensare che a meno di fluttuazioni di breve periodo, le variabili d'equilibrio dovrebbero seguire un prefissato e comune sentiero di crescita. Di conseguenza, sulla base di osservazioni storiche, sarebbe lecito chiedersi se queste stesse variabili siano realmente interessate dal sentiero di sviluppo ipotizzato dalla teoria.

L'ipotesi delle cointegrazione riprende quest'idea di sentiero comune di crescita o di polo di attrazione, secondo la quale due o più variabili economiche, benché caratterizzate da un diverso comportamento nel breve periodo, possono muoversi insieme (assumere cioè lo stesso comportamento) nel tempo e mostrare, coerentemente con le indicazioni della teoria, una stessa tendenza di lungo periodo. Dato ad esempio il sistema di variabili del tipo X_1, X_2, \dots, X_p , il polo di attrazione può essere descritto dalla seguente funzione:

$$f(X_1, X_2, \dots, X_p) = 0 \quad (4.23)$$

dove la funzione appena descritta individua il tipo di relazione che lega X_1, X_2, \dots, X_p nell'equilibrio di lungo periodo.

Questa definizione di equilibrio differisce da quella basata sulle classiche nozioni di domanda e offerta di mercato formulata da Quandt (1978, 1982).

Ad ogni modo, quanto espresso nella precedente equazione e la definizione di equilibrio fornita da Quandt non sono necessariamente incompatibili. Ciò che è importante sottolineare è che al tempo t , disponendo di una serie di osservazioni empiriche sulle variabili oggetto di interesse, difficilmente verrà verificata con esattezza la relazione espressa nell'equazione precedentemente scritta. A questo punto è possibile pensare che il processo u_t , possa essere rappresentato matematicamente nella seguente modalità:

$$u_t = f(X_1, X_2, \dots, X_p) \quad (4.24)$$

Quest'ultima esprime il tentativo di misurare il divario tra le variabili al tempo t e l'equilibrio postulato dalla teoria economica.

Ipotizzando che nel breve periodo che l'economia sia caratterizzata da continui shock che perturbano la situazione descritta dall'equazione precedente e supponendo che quest'ultima abbia la proprietà secondo la quale l'allontanamento dalla posizione di equilibrio diventa sempre più improbabile al crescere del divario stesso, allora è ragionevole attendersi che il processo stocastico u_t , sia stazionario. L'importanza di tale condizione di stazionarietà diventa imprescindibile, nel momento in cui vengono indagate le relazioni di lungo periodo tra variabili che possono essere rappresentate attraverso processi integrati. Nel caso in cui le n -variabili possono essere rappresentate da una funzione di equilibrio come quelle appena descritte, la funzione $f(X_1, X_2, \dots, X_p)$ è lineare; e se inoltre è verificato che $X_{it} \sim I(d) \forall i = 1, 2, \dots, p$ ed $u_t \sim I(0)$ allora ne deriva che $X_t \sim CI(d, d)$. Ciò sta a significare che serie integrate di ordine d , legate nel lungo periodo da una relazione di equilibrio lineare, devono essere cointegrate.

In sostanza l'analisi della cointegrazione consente di "catturare" gli eventuali sentieri di crescita comune (o poli di attrazione) di variabili economiche misurate nel tempo, attraverso la semplice, ma altrettanto potente associazione tra una categoria basilare del modo di pensare degli economisti, individuata dalla teoria dell'equilibrio ed una condizione statisticamente definita e spesso verificabile dal punto di vista matematico, come la stazionarietà delle serie storiche. Questo aspetto evidenzia che nell'analisi econometrica delle serie storiche, la cointegrazione permette di considerare la non-stazionarietà, non più come un disturbo del quale necessariamente bisogna liberarsi, ma come una caratteristica da analizzare con adeguati strumenti statistici al fine di ottenere informazioni di interesse economico.

Riassumendo, è possibile affermare che la costruzione di modelli multivariati basati su serie storiche risulta essere molto complessa a causa della non-stazionarietà dei dati, la quale risulta essere molto diffusa (specialmente con dati di natura strettamente economica come ad esempio PIL e occupazione). Ciò potrebbe essere in parte dovuto alla possibile presenza di una relazione di cointegrazione tra le componenti X_{it} del processo vettoriale X_t . Per questa ragione,

una possibile soluzione alla problematica accennata è quella di differenziare ogni serie di dati fino a che esse non risultino essere stazionarie e successivamente elaborare un modello vettoriale di tipo ARIMA. Ad ogni modo tale soluzione, spesso non porta al raggiungimento di risultati soddisfacenti.

Per questa ragione un approccio alternativo è quello di valutare la presenza di ciò che in economia viene definita come relazione di cointegrazione. Ad esempio, si supponga che X_{1t} e X_{2t} siano due serie storiche entrambe non stazionarie a livelli; tuttavia una particolare combinazione lineare delle due variabili, del tipo $X_{1t} - cX_{2t}$, risulterà essere stazionaria. In questo caso X_{1t} e X_{2t} si diranno cointegrate.

Ad ogni modo, una definizione più generale di cointegrazione può essere la seguente: una serie storica X_t , si dice integrata di ordine d , e si scrive $I(d)$: sarà necessario differenziarla d volte per renderla stazionaria. A questo punto se due serie X_{1t} e X_{2t} risultano essere integrate dello stesso ordine, $I(d)$, allora anche la combinazione lineare delle due serie risulterà essere integrata dello stesso ordine, $I(d)$.

Tuttavia se esiste una combinazione lineare tale per cui l'ordine di integrazione è inferiore a d , ad esempio $I(d-b)$, allora le due serie si diranno cointegrate di ordine (d, b) . Ciò può essere scritto in una formulazione del tipo $CI(d, b)$. Se la combinazione lineare che mette in relazione le due serie storiche può essere scritta nella forma $a^T X_t$, dove $X_t^T = X_{1t}, X_{2t}$ dove a è un vettore detto per l'appunto vettore di cointegrazione. A questo punto si supponga che vi siano n serie storiche, $X_{1t}, X_{2t}, X_{3t}, \dots, X_{nt}$, come componenti del processo vettoriale X_t .

La nozione di cointegrazione data nelle righe precedenti resta pur sempre valida nei principi espressi, ma nel caso in cui si abbiano più di due serie storiche, allora il primo passaggio per verificare l'esistenza di una relazione di cointegrazione è quello di andare ad individuare il rango di cointegrazione r , cioè il numero di vettori di cointegrazione. Per fare ciò si utilizza una procedura sviluppata da Johansen che prende il nome di "trace test" (o appunto test di Johansen, dal nome del suo autore), la quale è in grado di individuare il numero dei vettori di cointegrazione presenti tra più di due variabili.

La seconda tipologia di test è conosciuta con il nome di "Eigen value test", la quale invece va a verificare l'ipotesi che vi siano $r + 1$ vettori di cointegrazione contro l'ipotesi che vi siano r vettori di cointegrazione.

- Trace test

H₀: esistono almeno r valori Eigen (vettori di cointegrazione) positivi

H₁: esistono più di r valori Eigen (vettori di cointegrazione) positivi

$$Tr(r) = -T \sum_{i=1+r}^k \ln(1 - \lambda_i) \quad (4.25)$$

- Eigen test

- H₀: esistono esattamente r valori Eigen (vettori di cointegrazione) positivi

- H₁: esistono esattamente $r+1$ valori Eigen (vettori di cointegrazione) positivi

$$\lambda_{max} = (r, r + 1) = -T \ln(1 - \lambda_i) \quad (4.26)$$

dove

λ_i rappresenta la stima dei valori Eigen

T è il numero di osservazioni a disposizione

K rappresenta il numero di variabili endogene.

Questo test inizia dalla condizione per cui $r = 0$ fino ad arrivare al momento in cui l'ipotesi nulla non può essere rifiutata. Il rango di cointegrazione viene ricavato a partire dal valore assunto da r .

4.5 – L'ANALISI DEI SISTEMI COINTEGRATI: VECM

In questo paragrafo si intende presentare il modello sul quale viene basata l'analisi dei sistemi cointegrati. Per fare questo l'attenzione verrà focalizzata sulla rappresentazione ECM (error correction model) dei modelli VAR, da cui VECM (vector error correction model, o vettore a correzione d'errore).

L'articolo di Hendry e Mizon, datato 1978, costituisce uno dei punti di svolta della modellistica econometrica, in quanto in esso è contenuta la proposta per una nuova classe di modelli nota come error correction model⁶².

Una delle proprietà più interessanti di questi modelli risiede nella possibilità di specificare i processi di aggiustamento di breve periodo delle variabili che compongono il modello, supponendo allo stesso tempo, la convergenza di queste ultime verso una o più situazioni di equilibrio nel lungo

⁶² Tale proposta sarà poi formalmente presentata da Davidson, Hendry, Srba e Yeo nel 1978.

periodo, le quali rappresentano i precedentemente citati sentieri comuni della crescita o poli di attrazione. Inoltre i parametri VECM consentono di stabilire se questa convergenza è veloce oppure lenta. Nel caso bivariato, supponendo che la relazione di equilibrio tra le variabili x e y sia esprimibile attraverso la seguente espressione:

$$y = \beta z \quad \text{oppure} \quad y - \beta z = 0 \quad (4.27)$$

con β che è uno scalare, il quale può essere noto oppure no, un VECM può scriversi nella seguente formulazione matematica:

$$\Delta Z_t = \sum_{j=1}^{k-1} (\gamma_{1j} \Delta z_{t-j} + \omega_{1j} \Delta y_{t-j}) - \alpha_1 (y_{t-1} - \beta z_{t-1}) + d(L) \varepsilon_{1t}$$

$$\Delta Y_t = \sum_{j=1}^{k-1} (\gamma_{2j} \Delta z_{t-j} + \omega_{2j} \Delta y_{t-j}) - \alpha_2 (y_{t-1} - \beta z_{t-1}) + d(L) \varepsilon_{2t}$$

(4.28)

in cui $d(L)$ è un operatore polinomiale nel ritardo L di ordine finito, α_1 e α_2 sono due scalari dei quali almeno uno è diverso da zero, ed infine $\varepsilon_t = (\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t})$ è un processo white noise con media nulla e varianza uguale a 1.

Nella (4.28) viene fatta l'ipotesi che le variabili dipendenti procedano ad un aggiustamento dinamico in funzione del divario (errore) osservato nei periodi precedenti tra i livelli realmente osservati e l'equilibrio suggerito dalla teoria. Le quantità $(y_{t-1} - \beta z_{t-1})$ rappresenta il termine di correzione d'errore (conosciuto anche come correzione d'equilibrio o correzione verso una situazione di equilibrio), mentre α_1 e α_2 misurano quella che è la velocità di aggiustamento verso la situazione di equilibrio (o se si preferisce verso il polo di attrazione).

Generalizzando quanto appena esposto al contesto multivariato, il processo vettoriale X_t ($p \times 1$) ammette una rappresentazione VECM, se può trovare soluzione nella seguente espressione:

$$\Gamma(L)(1 - L)X_t = -\alpha E_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.29)$$

in cui $\Gamma(L)$ è un polinomio matriciale di dimensioni $(p \times p)$ stazionario con $\Gamma(0) = I_p$, il quale regola la dinamica di breve periodo delle variabili; β e α sono matrici di dimensioni $(p \times r)$ e di rango colonna pieno, tali che $\alpha \neq 0$ e $E_t = \beta'X_t$ è il vettore $(r \times 1)$ dei termini di correzione d'errore del modello, ed ε_t è il vettore $(p \times 1)$ dei disturbi $I(0)$.

All'interno della (4.28) vengono combinati i vantaggi derivanti dall'utilizzo sia di variabili espresse in livelli ($\beta'X_t$) sia di variabili espresse in differenze prime ($\Gamma(L)(1 - L)X_t$), in modo da poter modellare simultaneamente i processi di aggiustamento sia di breve che di lungo periodo.

La dimensione, in valore assoluto, del termine α , segnala se l'aggiustamento delle variabili è lento oppure veloce. Facendo l'ipotesi che il processo che porta a X_t sia proprio rappresentato dall'equazione (4.28), un primo ed importante risultato si ottiene nel caso in cui $X_t \sim I(1)$. Dato che il termine stazionario al primo membro $\Delta X_t = (1 - L)X_t \sim I(0)$ non può eguagliare un processo non stazionario, ne deriva che $\beta'X_t \sim I(0)$, e cioè che $X_t \sim CI(1,1)$. Di converso, in Engle-Granger (1987), è possibile dimostrare che un processo $X_t \sim CI(1,1)$ può eventualmente essere rappresentato attraverso l'equazione (4.14).

Il legame che può stabilirsi tra cointegrazione e VECM consente il ricongiungimento di due filoni di ricerca della modellistica econometrica, ovvero quello iniziato da Box e Jenkins (1970) con l'introduzione dei processi a-teorici ARMA, e quello fondato sull'importanza delle stime strutturali suggerite a priori dalla teoria economica.

I modelli VAR, costituiscono una diretta estensione dei modelli dinamici in un contesto multivariato. In particolare, essi rappresentano una generalizzazione dei processi autoregressivi scalari AR. Dato X_t di dimensioni $(p \times 1)$, come già visto il modello VAR può essere rappresentato dalla seguente equazione:

$$X_t = \Pi_1 X_{t-1} + \Pi_2 X_{t-2} + \dots + \Pi_k X_{t-k} + \varepsilon_t \quad (4.30)$$

dove $E(\varepsilon_t) = 0$, $E(\varepsilon_t \varepsilon_t') = \Omega > 0$, $(\varepsilon_t \varepsilon_{t-s}') = 0_{p \times p} \quad \forall s > 0$, Π_i sono matrici di dimensioni $(p \times p)$ per $i=1, 2, \dots, k$, con k che rappresenta l'ordine massimo del ritardo. L'equazione (4.15) può anche sintetizzata come segue:

$$\Pi(L)X_t = \varepsilon_t \quad (4.31)$$

in cui $\Pi(L) = I_p - \Pi_1 L - K\Pi_k L^k$ è la matrice polinomiale (pxp) di ordine k dell'operatore ritardo L.

L'equazione (4.30) può anche essere interpretata come un particolare modello di regressione multivariata, quindi come la forma ridotta di un modello econometrico dinamico ad equazioni simultanee. Infatti se si definisce $F_t = (X'_{t-1}, \dots, X'_{t-k})'$ e $\Lambda = (\Pi_1, \dots, \Pi_k)$, allora è possibile giungere ad un'espressione del tipo $X_t = \Lambda F_t + \varepsilon_t$. Quando X_t è un processo stazionario, lo stimatore dei minimi quadrati di Λ risulta essere distorto ma consistente ed asintoticamente normale. A questo punto se ε_t risulta essere gaussiano, quest'ultimo coincide con lo stimatore di massima verosimiglianza.

Nell'ipotesi di variabili integrate, i modelli VAR permettono di esprimere la non-stazionarietà stocastica di X_t direttamente come la condizione sui parametri della matrice $\Pi(L)$. Data l'equazione (4.31), X_t risulta stazionario se le radici dell'equazione $\Pi(z) = 0$ sono tutte maggiori di 1, ovvero sono esterne al cerchio unitario del piano complesso. Quando alcune radici, sono in modulo uguali a 1, il processo vettoriale è non stazionario.

È importante sottolineare che un modello autoregressivo vettoriale può sempre essere parametrizzato nella forma VECM ponendo:

$$\Gamma_i = -(I - \Pi_i - L - \Pi_i) \quad \text{con } i = 1, 2, \dots, (k-1) \quad (4.32)$$

$$\Gamma_k = -(I - \Pi_i - L - \Pi_k) = \Pi = -\Pi(1)$$

di modo che $\Delta X_t = \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i \Delta X_{t-i} + \Pi X_{t-k} + \varepsilon_t$.

Volendo fare un breve riassunto, è possibile affermare che i modelli autoregressivi (VAR), rappresentano una formulazione speciale dei sistemi di equazioni simultanee. Questi ultimi trovano applicazione, nel momento in cui tutte le variabili considerate all'interno del modello, risultano essere stazionarie.

Tuttavia nel caso in cui queste ultime dovessero risultare non-stazionarie, allora il modello autoregressivo da prendere in considerazione dovrà essere quello del vettore a correzione d'errore (VECM). Esso sta a testimoniare la presenza di

una relazione di cointegrazione tra le variabili. In buona sostanza, il VECM può essere visto come un VAR, strutturato appositamente per essere utilizzato con variabili non-stazionarie, tra le quali esiste una relazione di cointegrazione.

Il VECM è uno dei modelli che consentono l'analisi delle serie storiche, il quale è in grado di stimare direttamente il livello a cui una variabile può essere riportata alla sua condizione di equilibrio dopo aver subito una shock da parte di un'altra variabile sempre considerata all'interno del modello stesso. Il VECM è particolarmente utile poiché permette di analizzare contemporaneamente sia la relazione di breve che quella di lungo periodo. Infine il sistema di equazioni in grado di descrivere il VECM(p) con rango di cointegrazione $r \leq k$, è il seguente:

$$\Delta_{yt} = c + \Pi Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.33)$$

dove

Δ è l'operatore di differenziazione, con $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$

Y_{t-1} è il vettore della variabile endogena con ritardo pari a 1

ε_t è il vettore dei residui

c è il vettore intercetta

Π è la matrice dei coefficienti di cointegrazione ($\Pi = \alpha\beta'$ con α che è il vettore di aggiustamento della matrice di ordine $(k \times r)$ e β che è il vettore di cointegrazione della matrice di ordine $(k \times r)$)

Γ_i è la matrice di ordine $(k \times k)$ dei coefficienti

A questo punto nel capitolo successivo, si andranno a presentare i dati utilizzati per l'indagine empirica e le principali risultanze delle stime effettuate.

5 – RISULTATI EMPIRICI

In questa sezione verranno presentati i risultati empirici circa la tematica oggetto del presente elaborato ovvero gli effetti prodotti su alcune variabili macroeconomiche (output produttivo, misurato come incremento del PIL, occupazione e capitale privato) da un incremento della dotazione di capitale pubblico.

L'indagine nello specifico riguarderà nove paesi, tutti appartenenti all'area OCSE, ossia: Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Portogallo, Regno Unito, Spagna e Stati Uniti. La scelta dei paesi si basa sulla contrapposizione, avvenuta a partire dalla crisi economico-finanziaria del 2008, tra i paesi che avrebbero adottato comportamenti virtuosi (principalmente Francia e Germania) e paesi che al contrario non lo hanno fatto e che per questo sono stati ribattezzati con l'acronimo di PIIGS (ovvero Portogallo, Irlanda, Italia, Grecia e Spagna). Gli Stati Uniti sono stati inseriti in quanto rappresentano da sempre un paese di riferimento, sia per quanto riguarda le politiche adottate, ma anche per la grande disponibilità di dati.

Il presente capitolo è organizzato come segue: nel paragrafo 5.1 vi è l'esposizione circa la modalità di costruzione della serie storica sulla dotazione di capitale pubblico. Il paragrafo 5.2 invece presenterà le principali caratteristiche sulle serie storiche utilizzate per l'indagine empirica con riferimento al periodo 1960-2017 (per alcuni paesi la disponibilità dei dati copre solamente il periodo 1970-2017). I paragrafi 5.3, 5.4, 5.5 sono propedeutici a mostrare l'adeguatezza del VECM alla presente indagine. Nello specifico il paragrafo 5.3 si occuperà di fornire le principali risultanze dei test di stazionarietà. Il paragrafo 5.4 invece mostrerà quelli che sono i ritardi ottimali da applicare nei successivi test per indagare eventuali relazioni di cointegrazione, i cui risultati sono contenuti nel paragrafo 5.5. Il paragrafo 5.6 riguarderà le principali risultanze derivanti dalla stima del VECM mentre a conclusione, il paragrafo 5.7 presenterà i risultati delle risposte alle funzioni di impulso.

5.1 – COSTRUZIONE DELLE SERIE STORICHE SULLA DOTAZIONE DI CAPITALE PUBBLICO

Con riferimento ai dati sullo stock di capitale pubblico, il presente lavoro è basato principalmente sull'aggiornamento delle stime ottenute con una propria elaborazione da Kamps (2005). Quest'ultimo infatti calcolò il valore della dotazione di capitale pubblico per 22 paesi OCSE con riferimento al periodo 1960-2001, di cui si è provveduto ad effettuare un aggiornamento al 2017, applicando una metodologia simile con alcune varianti, per i soli paesi oggetto di indagine.

La mancanza di dati sullo stock di capitale pubblico per la maggior parte dei paesi occidentali, ha rappresentato il principale motivo per cui soprattutto i primi studi empirici effettuati su questa tematica, si siano focalizzati quasi esclusivamente sugli Stati Uniti. Con il passare del tempo, i singoli paesi, hanno iniziato a raccogliere dati su questa variabile, sulla base dei quali, successivamente la stessa OCSE ha costruito un database, di notevoli dimensioni.

Nonostante ciò permaneva un grosso svantaggio: i dati non erano fra di loro comparabili (addirittura in alcuni casi vi erano delle differenze particolarmente ampie tra paesi con caratteristiche simili), in quanto le tecniche di stima adottate, erano differenti da paese a paese. Questa è anche la ragione per cui, a partire dal 1997, l'OCSE ha sospeso l'aggiornamento del già citato database.

Ad oggi, non tutti i paesi hanno adottato metodi di stima simili, nonostante al riguardo siano giunte diverse indicazioni sia dal SNA⁶³ che dall'OCSE. Allo stato attuale il risultato è che non esistono ancora serie sullo stock di capitale pubblico, che permettano una effettiva comparabilità tra i vari paesi, a causa della componente di stima soggettiva a cui prima si è accennato.

L'obiettivo di questo paragrafo, è di fornire dei dati circa lo stock di capitale pubblico che permettano di effettuare un confronto tra i paesi presi in considerazione, per il periodo che va dal 1960 al 2017 (come prima anticipato, per alcuni paesi la disponibilità dei dati inizia dal 1970). Per il calcolo sarà utilizzato il metodo dell'inventario permanente basato sullo schema del deprezzamento

⁶³ System of national account

geometrico, di cui è stata data ampia descrizione nei capitali iniziali dell'elaborato.

L'elemento basilare per l'ottenimento delle stime sulla dotazione di capitale pubblico, è rappresentato dai dati sull'investimento pubblico. Per questi ultimi, mentre Kamps, ha fatto ricorso al database analitico dell'OCSE aggiornato al giugno 2002, nel presente lavoro si è preferito utilizzare la stessa tipologia di dato, ma con riferimento al database Ameco. Le serie ottenute, presentano due caratteristiche principali: sono espresse in prezzi costanti (anno base 2010) e in milioni di dollari.

Si è preferito utilizzare le serie storiche sull'investimento pubblico rinvenibili dal database Ameco⁶⁴, non solo per una questione di affinità con quelle relative alle altre variabili, ma anche in quanto i dati sono suddivisi in base al settore istituzionale. Quest'ultima caratteristica li rende già di per sé maggiormente comparabili rispetto alle serie rinvenibili dai singoli database nazionali, evitando quindi l'utilizzo di ulteriori elaborazioni.

A tal proposito è necessario sottolineare che la definizione di settore pubblico sottostante i dati sugli investimenti, varia non solo tra i paesi oggetto di indagine, ma anche in base alla fonte dell'investimento stesso. Le definizioni generalmente utilizzate, per i paesi oggetto di indagine, sono principalmente tre⁶⁵: 1) investimento del settore pubblico in generale (public investment of the general government) 2) investimento del settore pubblico non finanziario (public investment of the nonfinancial public sector), 3) investimenti realizzati da unità economiche etichettate come "Amministrazioni pubbliche, servizi di difesa e servizi obbligatori di sicurezza sociale" (la cosiddetta definizione limitata di settore pubblico) e come "Amministrazioni pubbliche, servizi educativi, assistenza sociale e settore sanitario" (definizione ampia di settore pubblico).

⁶⁴ Le serie storiche sull'investimento sono espresse sotto forma di parità di potere di acquisto (PPP).

⁶⁵ La definizione di settore pubblico fornita dai principali organismi comunitari ed internazionali, tra cui il FMI, è la seguente: "si intende qualsiasi entità produttrice di servizi di interesse pubblico". Questa categoria, per sommi capi corrisponde alla definizione di settore pubblico sottostante i dati presenti nelle serie sull'investimento pubblico raccolte su base nazionale. Tuttavia vi è un'importante differenza, la quale risiede nel fatto che lo stock di capitale pubblico secondo l'OCSE (1997) è basato su di una classificazione delle attività economiche in accordo con il SNA del 1968, anche se i dati nazionali sono al contrario basati sulla stessa classificazione, ma in accordo con il SNA 1993.

Il concetto di definizione limitata o ampia di settore pubblico, si rifà all'International Standard Industrial Classification (ISIC). Un aspetto degno di nota è che le prime due definizioni fornite, utilizzano il criterio del settore istituzionale, mentre l'ultima, quello attinente all'attività economica svolta.

Soffermandosi sulla metodologia applicata per ottenere le stime sulla dotazione di capitale pubblico (a prezzi costanti⁶⁶), si è fatto riferimento a quelle che sono le regole basilari dettate in materia dai principali organismi comunitari ed internazionali, nello specifico, dall'OCSE, dalla Banca Centrale Europea e dall'U.S. Bureau of Economic Analysis. Il metodo applicato, come già anticipato nelle righe precedenti è quello dell'inventario permanente. Riprendendo brevemente alcuni concetti, l'idea generale alla base di tale metodologia, è che la dotazione di capitale all'inizio del periodo K_{t+1} , può essere espressa come funzione del capitale al periodo k_t , al quale viene sommato l'ammontare dell'investimento lordo al periodo t , I_t , e sottratto il deprezzamento al periodo t , D_t ⁶⁷. Di conseguenza la funzione assume la seguente espressione matematica:

$$K_{t+1} = K_t + I_t - D_t \quad (5.1)$$

Un'ulteriore assunzione riguarda invece l'utilizzo del metodo di deprezzamento geometrico (il che sostanzialmente significa che la dotazione di capitale pubblico si deprezza ad un tasso costante nel tempo δ_t).

Di conseguenza, la formula precedente può essere anche riscritta nella seguente modalità:

$$K_{t+1} = (1 - \delta_t)K_t + I_t \quad (5.2)$$

Tale metodo viene apostrofato come "permanente", in quanto tutti gli asset entrano per sempre a far parte dell'inventario alla base della stima della dotazione di capitale pubblico. Sicuramente il valore e la quantità-qualità di servizi che questi ultimi sono in grado di fornire, diminuiscono con il passare del tempo, a

⁶⁶ Questo è il motivo per cui a differenza di quanto indicato nel paragrafo 2.2 non è necessario adeguare tali serie storiche al tasso di inflazione.

⁶⁷ I termini deprezzamento e consumo di capitale, vengono considerati come interscambiabili e di conseguenza vengono utilizzati indistintamente. In realtà il deprezzamento viene calcolato sulla base dei costi storici di acquisti, mentre il consumo di capitale pubblico, sulla base dei prezzi di mercato.

causa del declino e dell'obsolescenza tecnologica a cui essi sono sottoposti, ma non raggiunge mai zero.

Ciò può essere dimostrato sostituendo costantemente (quindi in modo permanente) l'equazione precedente per la stima della dotazione di capitale pubblico all'inizio del periodo t , ottenendo:

$$K_{t+1} = \sum_{i=0}^{\infty} (1 - \delta_t)^i I_{t-1} \quad (5.3)$$

Questa espressione mostra la dotazione di capitale pubblico all'inizio del periodo $t+1$; essa è il risultato della sommatoria ponderata degli investimenti realizzati nei periodi precedenti, in cui il peso utilizzato per la ponderazione è una funzione decrescente della distanza tra il periodo corrente e l'investimento effettuato.

È giusto citare che nel caso in cui un flusso costante di investimenti passati non sia disponibile, l'equazione precedente può essere sostituita dalla seguente espressione:

$$K_{t+1} = (1 - \delta)^t K_1 + \sum_{i=0}^{t-1} (1 - \delta)^i I_{t-i} \quad (5.4)$$

dove K_1 è lo stock di capitale disponibile all'inizio del periodo 1.

In base a quanto evidenziato da quest'ultima espressione, l'applicazione del metodo dell'inventario permanente richiede che vengano rispettate alcune condizioni fondamentali per una sua corretta applicazione: 1) sono necessarie le serie storiche contenenti i dati sul flusso degli investimenti (per la presente elaborazione si è fatto ricorso, come detto, al database Ameco); 2) è necessario procedere con l'elaborazione di una stima "fittizia" circa la dotazione iniziale di capitale pubblico; 3) deve essere individuato a priori un metodo di deprezzamento (come già anticipato, si utilizza il metodo di deprezzamento geometrico).

Uno degli aspetti più controversi e di difficile spiegazione è quello enunciato al precedente punto 2), ovvero conoscere con esattezza la dotazione di capitale pubblico all'inizio del periodo preso come riferimento per l'indagine. In verità questo dato non esiste per nessun paese ad eccezione degli Stati Uniti. Ciò

significa che per gli altri paesi oggetto di indagine è necessaria l'elaborazione di una qualche metodologia circa la "costruzione" di questo valore. Per questo motivo, Kamps ha costruito una serie artificiale relativa ai dati sull'investimento pubblico per il periodo che va dal 1860 al 1959, assumendo che quest'ultimo subisca un aumento del 4% da un anno all'altro. In questo modo si arriva ad ottenere il livello osservato nel 1960, che appunto rappresenta l'anno di partenza dello studio.

Il fondamento logico alla base di tale assunzione, risiede nel fatto che l'investimento pubblico, nei paesi e per il periodo oggetto di indagine, aumenta appunto del 4% ogni anno. Di conseguenza, è possibile assumere con un certo grado di probabilità che il tasso di crescita della variabile considerata, nel periodo immediatamente precedente (1860-1959) sia all'incirca lo stesso del periodo osservato (1960-2001).

Questa assunzione implica anche che l'investimento e la dotazione di capitale crescano regolarmente (anzi si potrebbe dire linearmente), durante il periodo 1860-1959. Naturalmente ciò rappresenta una semplificazione che ha necessità di essere in qualche modo giustificata, soprattutto per il fatto che questo arco temporale annovera la presenza di ben due guerre mondiali che hanno portato ad una distruzione pressoché totale in alcuni paesi⁶⁸.

La problematica più significativa che emerge con riferimento a questo aspetto è legata principalmente alla sua influenza o meno, nei riguardi della serie storica fittizia sugli investimenti (1860-1959), la quale è alla base del lavoro di stima per il periodo successivo (1960-2001). In realtà ci sono due ragioni per cui i danni causati dalla guerra non hanno avuto un impatto così profondo in relazione alla possibile problematica citata. La prima è ascrivibile al fatto che i paesi che hanno subito i danni maggiori, sono anche quelli che in seguito alla conclusione del secondo conflitto mondiale, sono cresciuti più velocemente, rispetto ai paesi che ne hanno subiti pochi o addirittura nessun danno⁶⁹. Ciò naturalmente è dovuto

⁶⁸ Alcuni autori (cfr. Maddison), hanno stimato che la perdita sulla dotazione di capitale causata dalla guerra, è stata del 3% nel Regno Unito, del 8% in Francia, del 10% in Olanda, del 16% in Germania e del 25,7% in Giappone. Queste cifre tuttavia hanno un ampio margine di incertezza, specialmente se si prende in considerazione il fatto che altri autori (cfr. Ritschl), hanno invece stimato che alcuni paesi, già nel 1945, avevano raggiunto una dotazione di capitale più elevata rispetto ai livelli presenti nel periodo immediatamente precedente lo scoppio della guerra, negando quindi che i danni causati da quest'ultima fossero così gravi.

⁶⁹ Ad esempio tra il 1950 e il 1973 il Giappone ebbe un tasso di crescita del PIL mediamente del 9,4%, la Germania del 5,9%, gli Stati Uniti del 3,7%.

in via prioritaria e quasi esclusiva alla ricostruzione post-bellica ed allo stesso tempo rappresenta una testimonianza alquanto attendibile circa il fatto che il PIL potrebbe essere tornato sulla sua tendenza di lungo periodo già entro il 1960⁷⁰.

La seconda ragione, è dovuta al fatto che la forte crescita fatta registrare dal PIL nel secondo dopoguerra, fu accompagnata da un altrettanto veloce e notevole incremento degli investimenti e dello stock di capitale. Per le stesse motivazioni, anche in questo caso, è possibile assumere che il capitale pubblico sia tornato sulla sua tendenza di lungo periodo entro il 1960⁷¹.

In buona sostanza, vi sono numerosi spunti per poter affermare che gli effetti dei danni provocati dalla guerra sullo stock di capitale nei paesi che ne furono maggiormente colpiti, sparirono successivamente al 1960, ovvero che nel 1960 lo stock di capitale era tornato sulla sua tendenza di lungo periodo. È doveroso anche sottolineare che la portentosa crescita che seguì al secondo conflitto mondiale, conosciuta nei libri di storia con l'appellativo di "*miracolo economico*", non fu del tutto uniforme nei paesi che furono coinvolti. In generale infatti i paesi che riportarono i danni maggiori furono anche quelli che fecero registrare i tassi di crescita più elevati. Basandosi sulle evidenze fin qui descritte, Kamps ha scelto di non apportare nessuna correzione statistica alle sue stime per il periodo 1860-1959, propedeutiche al calcolo della dotazione di capitale pubblico all'inizio del 1960.

Le successive assunzioni riguardano la dimensione prima ed il profilo temporale poi, del tasso di deprezzamento. Kamps ha assunto che con riferimento alla dotazione di capitale pubblico, essi variassero con il passare del tempo. Ciò permette di tenere in debita considerazione il modello empirico alla base del calcolo del tasso di deprezzamento⁷². Per il calcolo di quest'ultimo è necessario

⁷⁰ Ad esempio, il tasso di crescita del PIL reale rimase stabile nella Germania dell'Ovest nonostante i danni causati dalla seconda guerra mondiale. Le ricostruzioni basate sui dati, da parte di alcuni autori (cfr. Ritschl e Spoerer), testimoniano un tasso di crescita del PIL pari al 2,9% per il periodo 1938-1960 e del 3,1% per il periodo 1960-1990 anche se quasi sicuramente il PIL non ebbe un tasso di crescita regolare nel primo sotto-periodo.

⁷¹ È anche necessario sottolineare che la caduta registrata nell'output produttivo a causa della guerra, fu molto più pronunciata rispetto a quella fatta registrare dallo stock di capitale, implicando con ciò che il gap tra il livello della dotazione di capitale alla fine della seconda guerra mondiale e il suo trend di lungo periodo fu più ristretto di quello fatto registrare dal PIL.

⁷² Il lavoro svolto assume che il profilo del deprezzamento sia lo stesso tra tutti i paesi oggetto di indagine. Naturalmente questa rappresenta un'assunzione particolarmente forte in quanto, solitamente i singoli stati nelle proprie statistiche nazionali utilizzano un proprio e specifico profilo di deprezzamento, in virtù del fatto che ognuno di essi ha le proprie specificità in relazione a tale tematica. È pur vero però che nessun paese, ad eccezione degli Stati Uniti, ha svolto

provvedere all'utilizzo di un cosiddetto tasso di obsolescenza (o anche demolizione o anche vetustà), il quale può essere rappresentato attraverso la seguente espressione matematica:

$$s_t = \frac{D_t}{K_t} * 100 \quad (5.5)$$

Per quanto finora affermato, Kamps si è basato sulle seguenti fattispecie per procedere al calcolo del profilo temporale e della dimensione del tasso di deprezzamento: 1) per il periodo che va dal 1860 al 1959, si assume che il tasso di deprezzamento sia il 2,5% per gli asset rientranti nella definizione di capitale pubblico; 2) per il periodo che va dal 1960 al 2017, si assume che il tasso di deprezzamento aumenti gradualmente dal 2,5% a 6%.

L'equazione seguente formalizza, quanto finora esplicitato solamente a parole:

$$\delta_t^j = \delta_{min}^j * \left(\left(\frac{\delta_{max}^j}{\delta_{min}^j} \right)^{\frac{1}{57}} \right)^{t-2017+57} \quad (5.6)$$

dove δ_{max}^j è il tasso di deprezzamento per $t = 2017$, mentre δ_{min}^j è il tasso di deprezzamento per $t = 1960$.

Infine la dotazione di capitale netto reale all'inizio del periodo $t+1$ per la categoria di investimenti j può essere espresso secondo la seguente formulazione matematica:

$$\begin{aligned} K_{t+1}^j &= \sum_{i=1860}^{t-1} \left[\prod_{k=i+1}^t (1 - \delta_k^j) \right] \left(1 - \frac{\delta_i^j}{2} \right) I_i^j + \left(1 - \frac{\delta_t^j}{2} \right) I_t^j \\ &= (1 - \delta_t^j) K_t^j + \left(1 - \frac{\delta_t^j}{2} \right) I_t^j \quad (5.7) \end{aligned}$$

indagini approfondite che portino contributi fattivi circa i fattori soggettivi che influenzano il tasso di deprezzamento prescelto. Per questa ragione e per motivazioni legate alla comparabilità dei dati tra i diversi paesi si è scelto di utilizzare un profilo di deprezzamento omogeneo.

Da notare che lo stock di capitale è posto uguale a zero al periodo iniziale cioè nel 1860.

Quest'ultima equazione si differenzia dalle precedenti che hanno sistematizzato la problematica per due motivazioni, le quali tuttavia rendono più realistiche le stime ottenute.

La prima riguarda la presenza di un tasso di deprezzamento che varia nel corso del tempo. La seconda risiede nella supposizione circa il fatto che vengano realizzati anche altri investimenti nel corso dell'anno di riferimento. Al contrario, le precedenti equazioni assumevano che gli investimenti fossero realizzati all'inizio o alla fine del periodo di riferimento, ma in realtà essi possono essere realizzati anche nel corso del periodo preso in considerazione.

Le motivazioni alla base delle citate assunzioni sono in larga parte condivisibili. Ciò rappresenta la ragione per cui si è deciso di utilizzarle anche con riguardo all'aggiornamento delle serie storiche sulla dotazione di capitale pubblico a suo tempo realizzate da Kamps.

5.2 – DATI

In questa sezione vengono fornite le principali informazioni e la rappresentazione grafica delle serie storiche utilizzate per l'indagine empirica.

Ad eccezione dei dati sullo stock di capitale pubblico, per i quali si è proceduto ad una specifica elaborazione, alla cui metodologia è stato dedicato il paragrafo precedente, le altre serie storiche, riguardanti l'occupazione, il PIL e il capitale privato, provengono dal database Ameco e contengono i dati per il periodo che va dal 1960 al 2017 (per alcuni paesi l'anno di partenza circa la disponibilità delle serie storiche è il 1970).

I dati sulla dotazione di capitale pubblico, sul capitale privato e sul PIL (per persona occupata), sono espressi in milioni di dollari e a prezzi costanti considerando come anno base il 2010. Invece i dati sull'occupazione sono espressi in migliaia di persone effettivamente occupate ovvero sottraendo al

complesso dell'intera forza lavoro⁷³ l'ammontare delle persone disoccupate per l'intero sistema economico, senza alcuna differenza tra i vari settori in cui vi è la possibilità di occupazione.

L'esposizione di tali dati verrà effettuata attraverso tabelle e grafici di sintesi, sia per ogni singolo paese oggetto di indagine, sia per ogni variabile presa in considerazione. Ultima precisazione i dati sono espressi sotto forma di logaritmo naturale. In questo modo viene eliminato il trend e ridotta la varianza al fine di ottenere stime più robuste.

VARIABILE	PAESI	PERIODO	FONTE
Occupazione	Francia, Germania,	1960-2017	Ameco
Prodotto interno lordo (PIL)	Grecia, Irlanda, Italia,	1960-2017	Ameco
Capitale privato	Portogallo, Regno Unito,	1960-2017	Ameco
Capitale pubblico	Spagna, Stati Uniti	1960-2017	Propria elaborazione

Tabella 3 – Sintesi variabili oggetto di indagine

Di seguito si offre una rappresentazione grafica, accompagnata dalle tabelle sulle principali statistiche descrittive delle variabili oggetto di indagine, classificandole in base a due criteri specifici: dapprima con riferimento ad ogni variabile per tutti i paesi presi in considerazione e successivamente con riferimento ad ogni paese per tutte le variabili.

⁷³ Con il totale forza lavoro si intendono le persone occupate sia di sesso maschile che di sesso femminile. Questa precisazione è opportuna in quanto esistono anche statistiche che consentono una classificazione dei dati per sesso.

CAPITALE PRIVATO

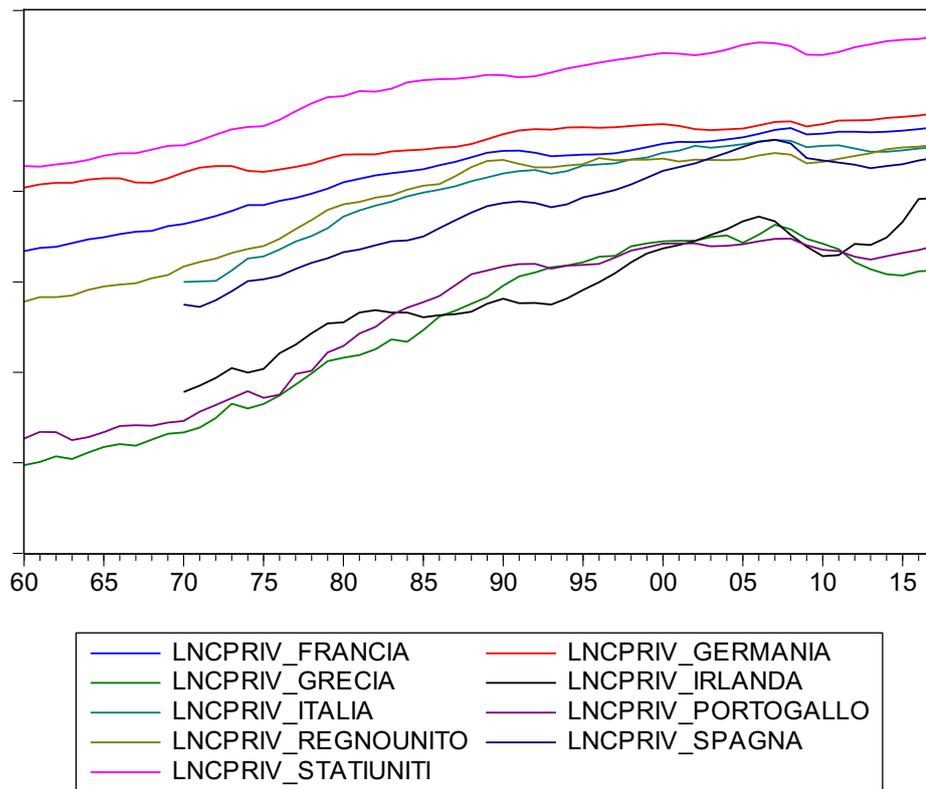


Grafico 5 – Serie capitale privato

CAPITALE PUBBLICO

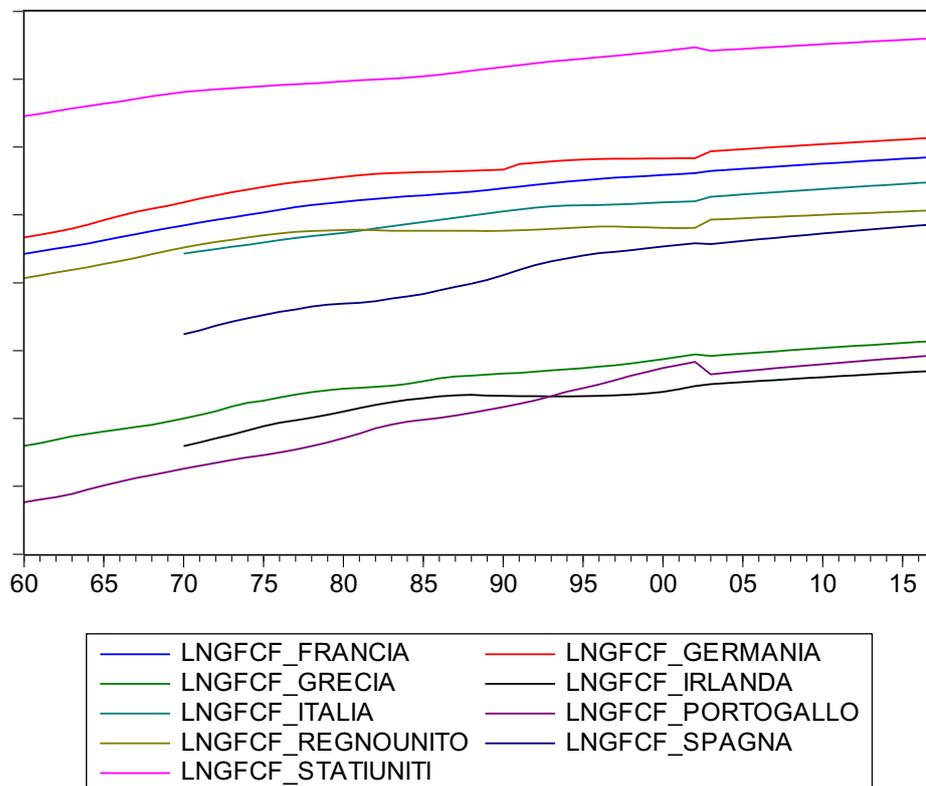


Grafico 6 – Serie capitale pubblico

OCCUPAZIONE

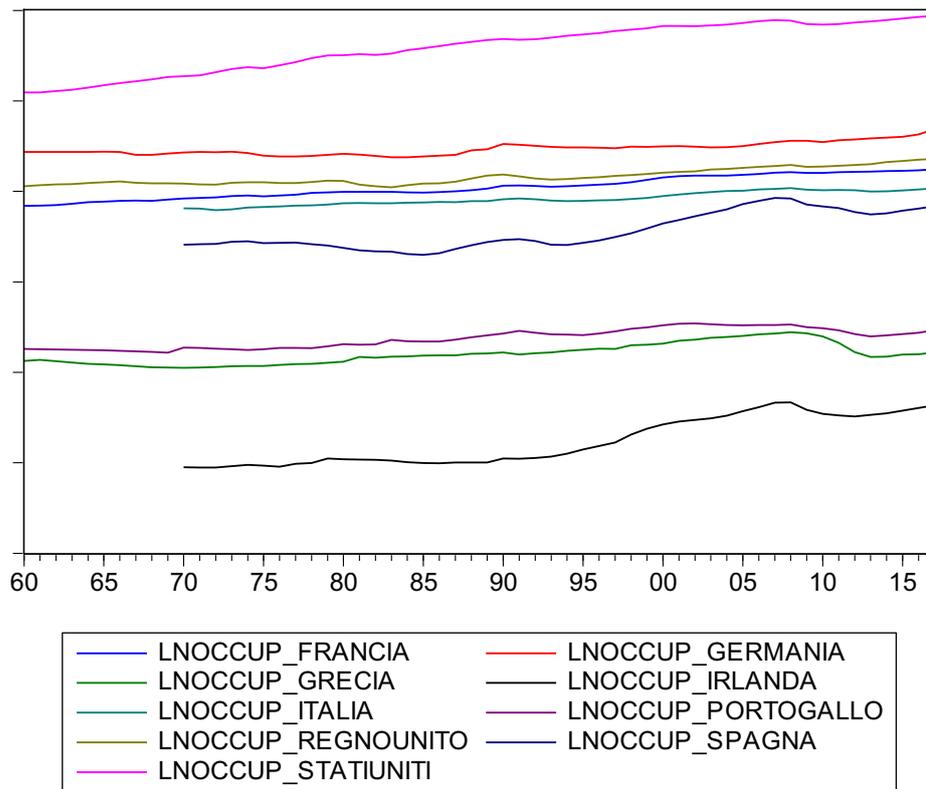


Grafico 7 – Serie occupazione

PIL

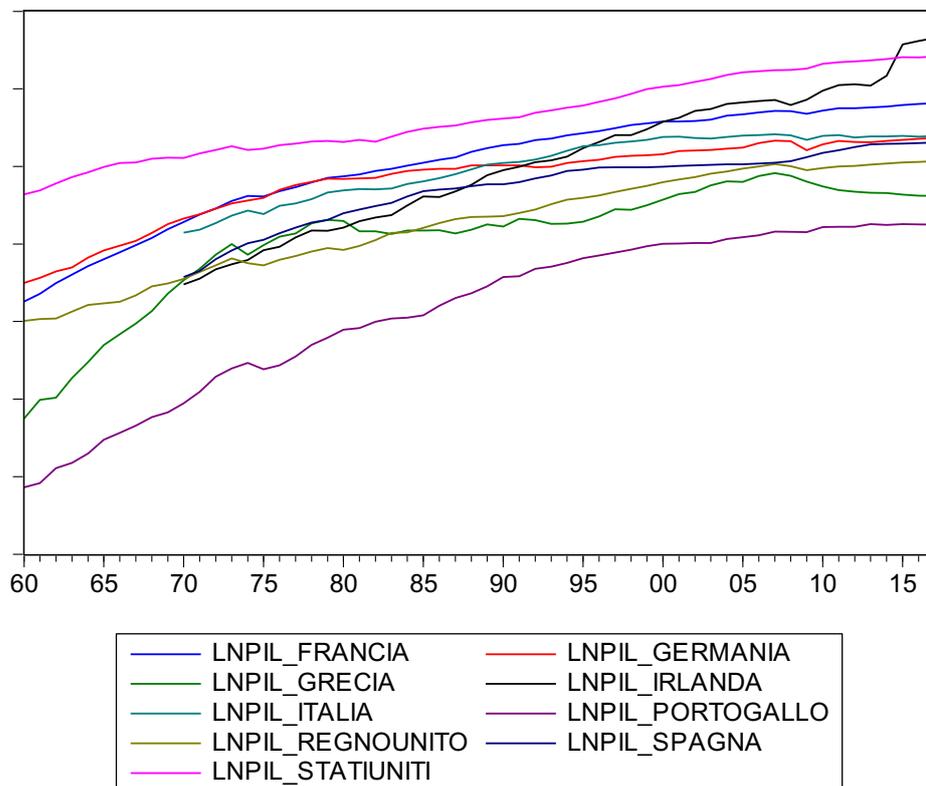


Grafico 8 – Serie PIL

FRANCIA

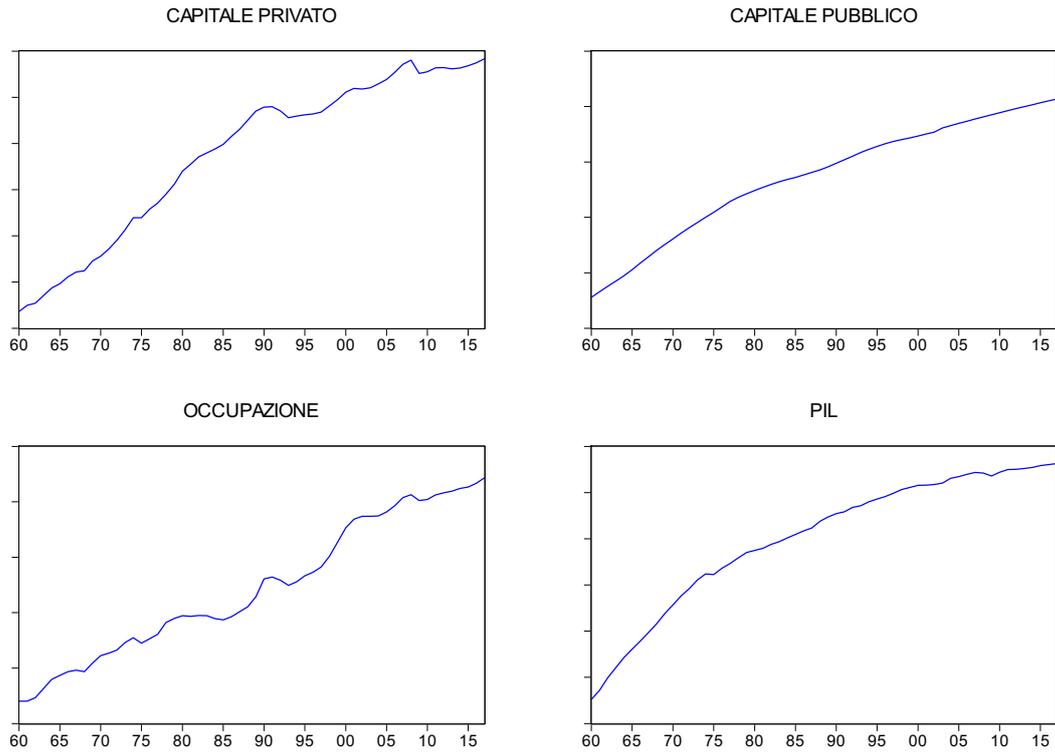


Grafico 9 – Serie Francia

GERMANIA

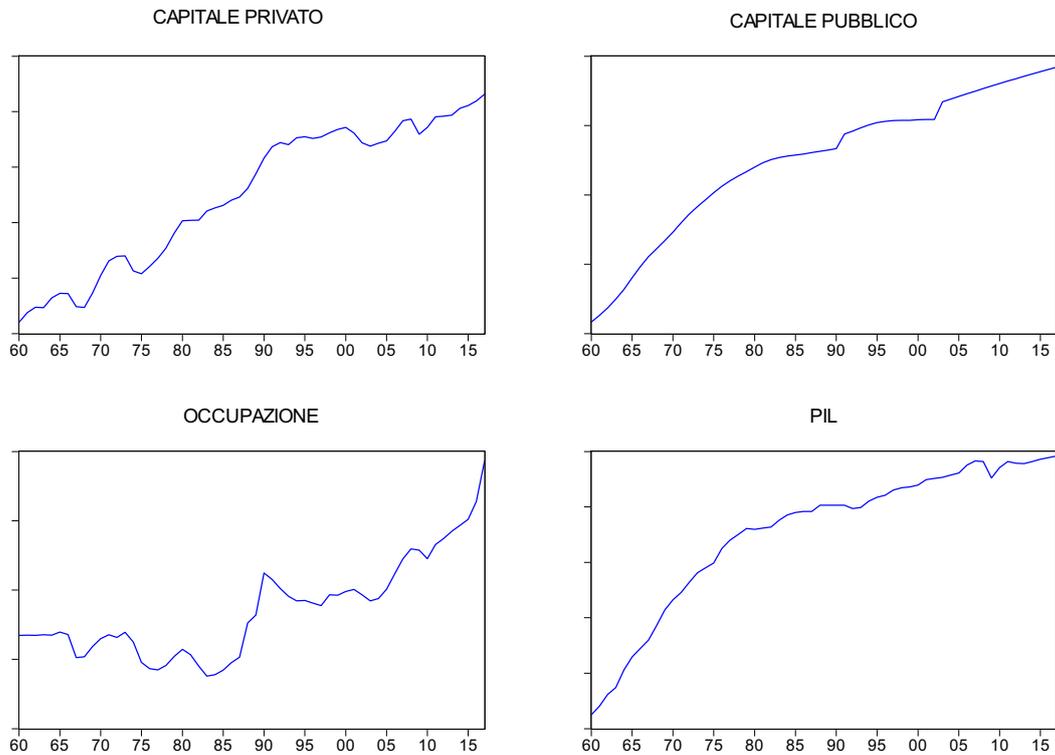


Grafico 10 – Serie Germania

GRECIA

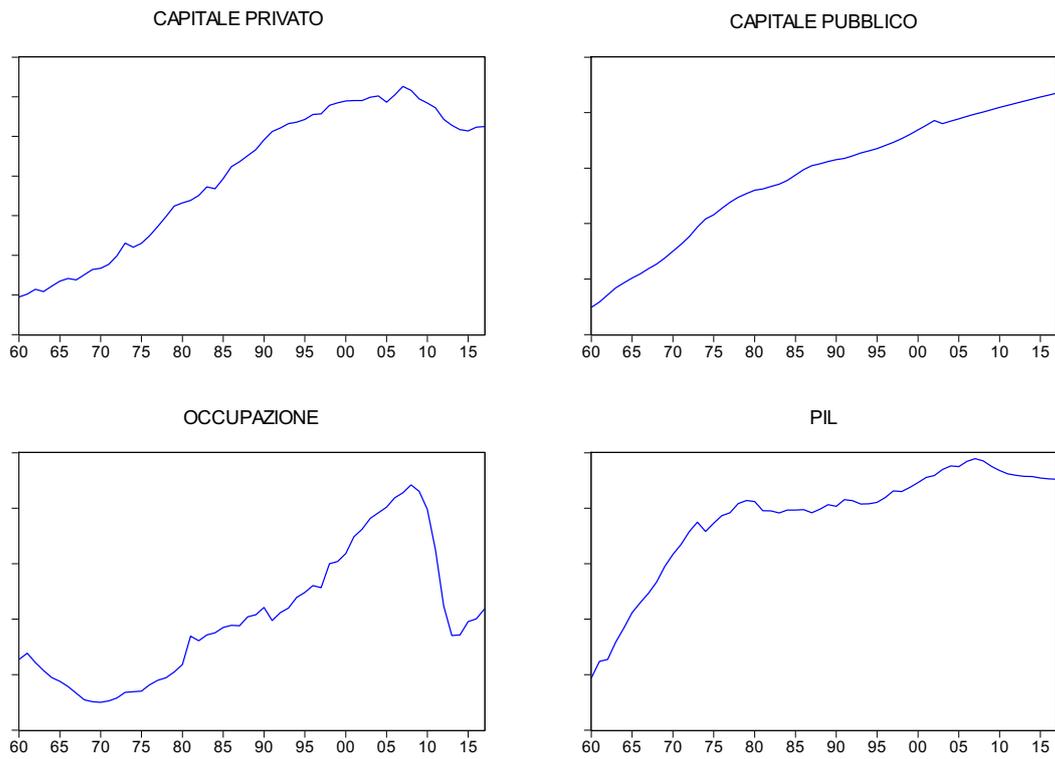


Grafico 11 – Serie Grecia

IRLANDA

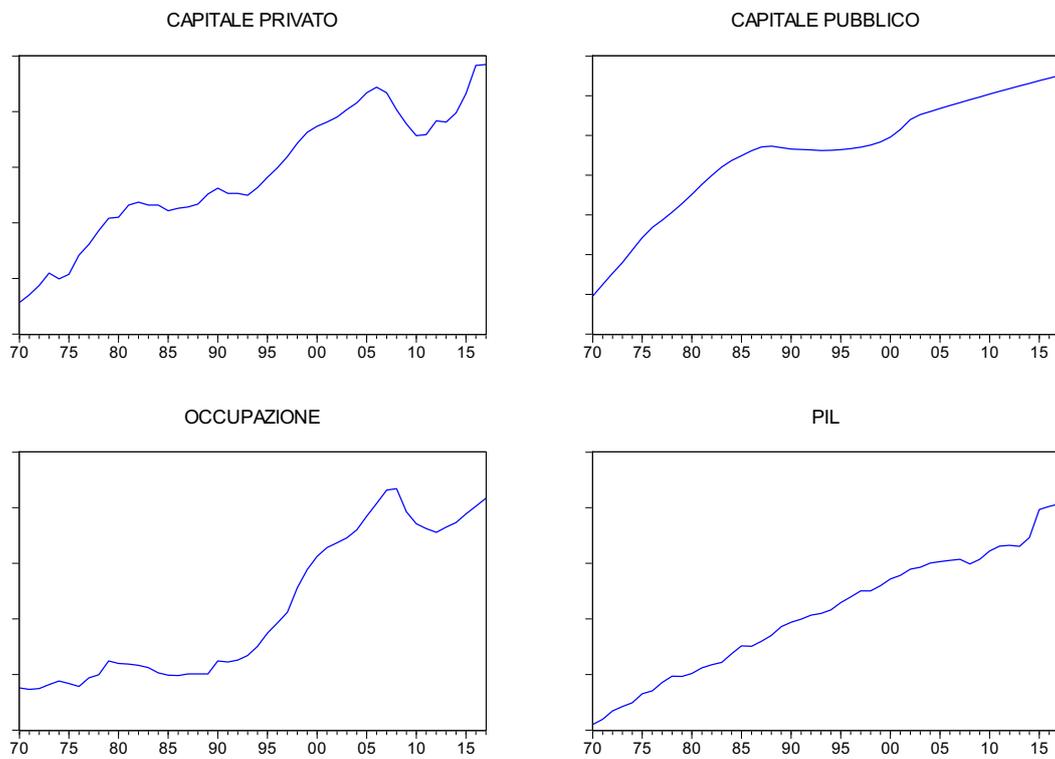


Grafico 12 – Serie Irlanda

ITALIA

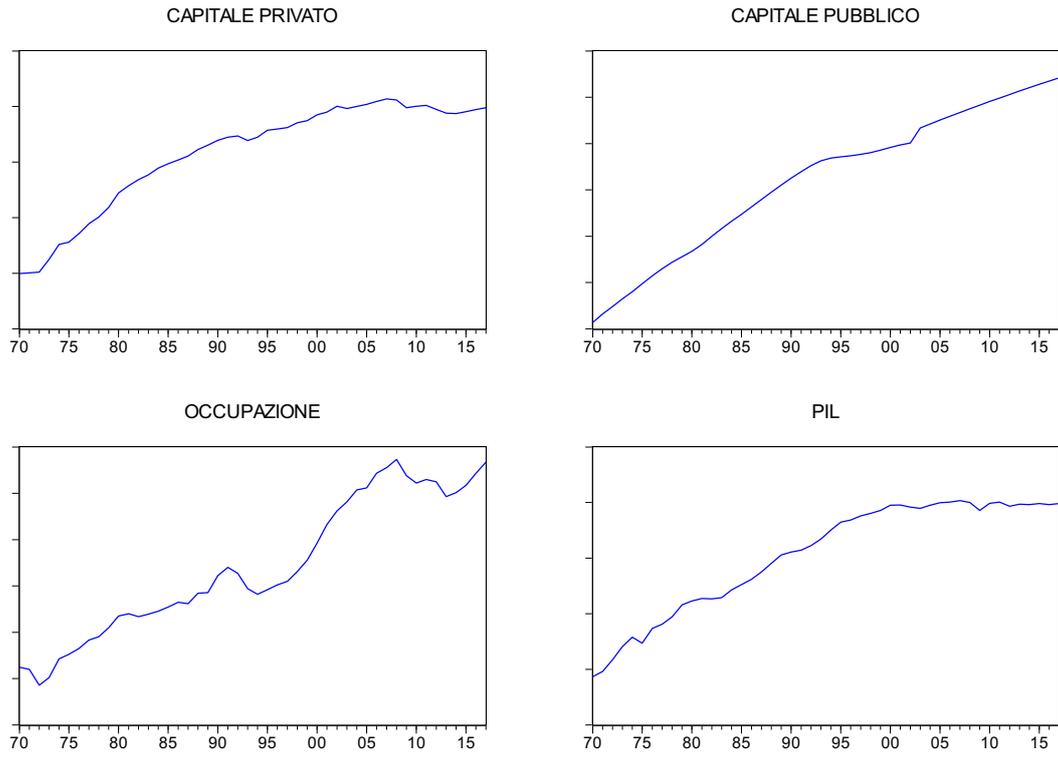


Grafico 13 – Serie Italia

PORTOGALLO

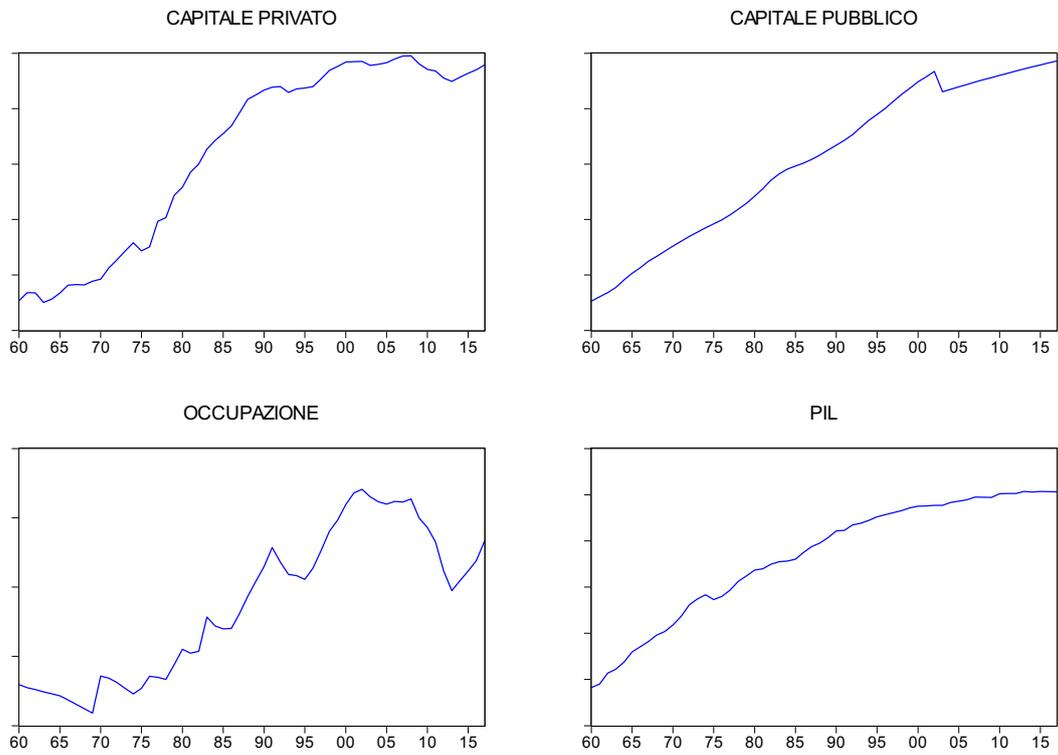


Grafico 14 – Serie Portogallo

REGNO UNITO

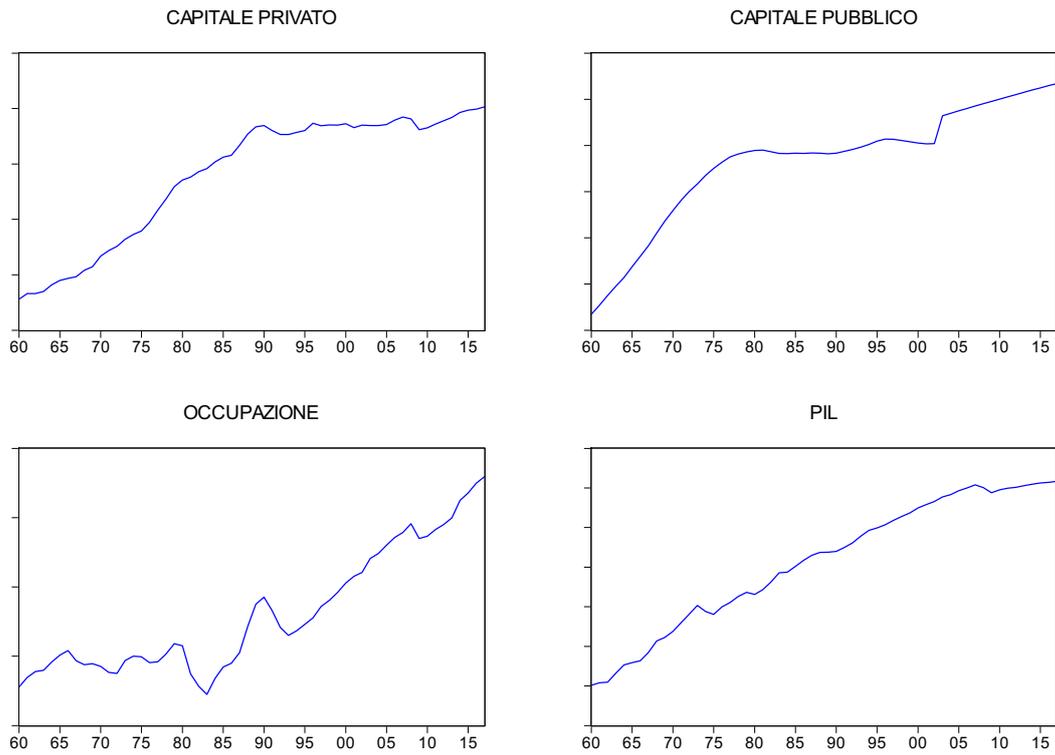


Grafico 15 – Serie Regno Unito

SPAGNA

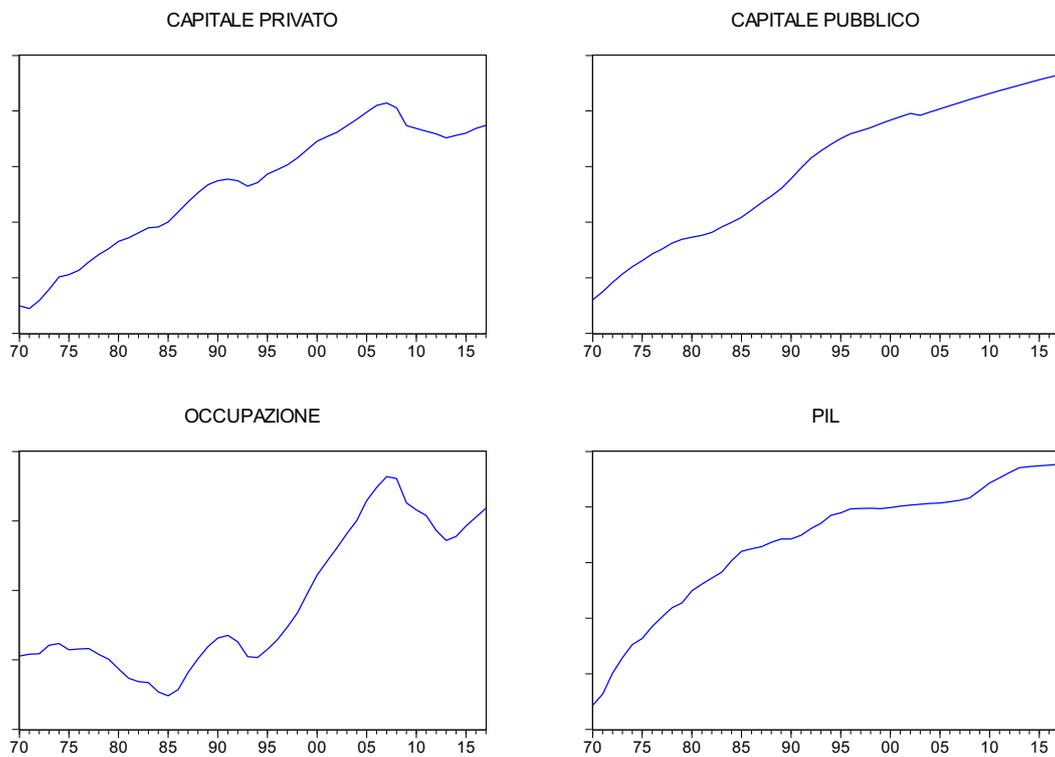


Grafico 16 – Serie Spagna

STATI UNITI

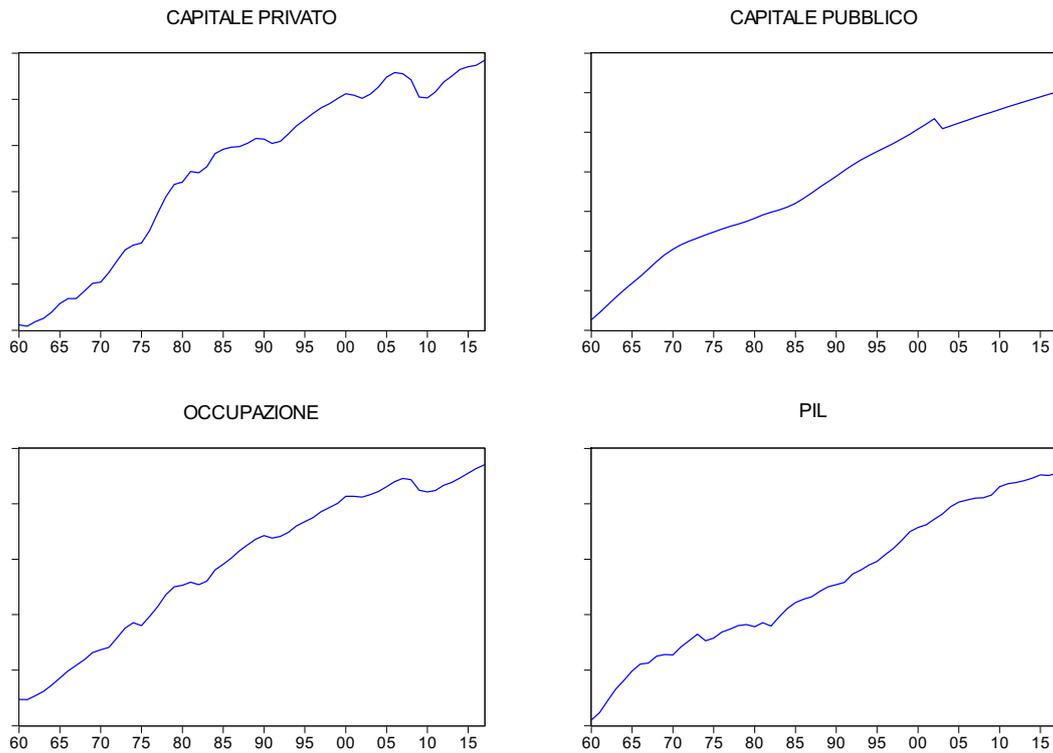


Grafico 17 – Serie Stati Uniti

Da un punto di vista squisitamente grafico, è possibile notare come le variabili prese in considerazione, siano non stazionarie a livelli, con tutte le problematiche che ciò comporta, le quali sono state presentate nei capitoli precedenti. Per questo motivo nel paragrafo successivo, verrà mostrato il procedimento per far sì che le variabili siano stazionarie, essendo questa una preconditione indispensabile per l'applicazione del VECM.

5.3 – TEST DI STAZIONARIETA'

Ai fini della possibilità di utilizzare il VECM, è necessario dimostrare che le serie storiche delle variabili oggetto di indagine siano cointegrate.

Il concetto di cointegrazione passa necessariamente per quello di integrazione, in quanto propedeutico. A tal proposito una serie storica $\{x_t\}$ si dice

integrata di ordine n nel momento in cui non è stazionaria⁷⁴ a livelli, ma lo diventa alle n differenze. Ad esempio una serie storica si dice integrata di ordine 1, quando è stazionaria alle differenze prime.

A questo punto due serie storiche $\{x_t\}$ e $\{y_t\}$ si dicono cointegrate, se sono entrambe integrate dello stesso ordine e se esiste un coefficiente δ_t (detto per l'appunto coefficiente di cointegrazione), tale che la differenza tra $\{y_t\}$ e δ_t (o tra $\{x_t\}$ e δ_t) restituisce come risultato una serie storica stazionaria.

Per quanto finora esposto il primo passaggio da intraprendere è quello di verificare se le serie storiche delle variabili considerate siano tutte integrate dello stesso ordine.

Per fare ciò, è stato condotto, attraverso il software applicativo Eviews, il test unit root, volto proprio a verificare se le serie storiche siano stazionarie oppure no. Le tabelle seguenti sintetizzano i risultati del test ADF (Augmented Dickey-Fuller) e del test PP (Phillips-Perron).

⁷⁴ Una serie storica si dice stazionaria quando la sua media è costante rispetto al tempo.

	CAPITALE PRIVATO		Δ CAPITALE PRIVATO	
	ADF	PP	ADF	PP
Francia	0.62 [-0.17]	0.52 [-0.41]	0.00 [-3.08]	0.00 [-2.93]
Germania	0.96 [1.47]	0.99 [3.02]	0.00 [-3.97]	0.00 [-3.73]
Grecia	1.00 [1.61]	0.99 [1.15]	0.00 [-5.33]	0.00 [-5.26]
Irlanda	0.12 [-3.06]	0.39 [-2.36]	0.00 [-3.81]	0.02 [-3.81]
Italia	0.97 [-0.60]	0.97 [-0.59]	0.00 [-5.93]	0.00 [-5.93]
Portogallo	0.99 [0.38]	0.99 [-0.21]	0.00 [-5.23]	0.00 [-5.34]
Regno Unito	0.95 [-0.84]	0.97 [-0.54]	0.00 [-4.55]	0.00 [-4.45]
Spagna	0.65 [-0.06]	0.97 [-0.63]	0.00 [-3.27]	0.00 [-4.26]
Stati Uniti	0.97 [1.73]	0.99 [2.75]	0.00 [-3.04]	0.00 [-2.88]
Rifiuto ipotesi nulla: 5% [t-statistico]				

Tabella 4 – Sintesi test stazionarietà capitale privato

	CAPITALE PUBBLICO		Δ CAPITALE PUBBLICO	
	ADF	PP	ADF	PP
Francia	0.84 [0.61]	1.00 [5.93]	0.04 [-1.42]	0.03 [-1.47]
Germania	1.00 [8.09]	1.00 [4.47]	0.06 [-1.82]	0.01 [-2.39]
Grecia	0.98 [1.95]	1.00 [5.24]	0.08 [-1.69]	0.03 [-1.44]
Irlanda	0.93 [1.13]	0.99 [3.25]	0.04 [-1.95]	0.06 [-1.83]
Italia	0.99 [3.06]	1.00 [6.80]	0.00 [-5.04]	0.00 [-5.13]
Portogallo	0.99 [3.29]	1.00 [4.32]	0.03 [-2.07]	0.00 [-3.21]
Regno Unito	0.99 [2.32]	0.99 [3.10]	0.00 [-3.32]	0.00 [-3.04]
Spagna	0.96 [1.43]	1.00 [5.37]	0.03 [-1.46]	0.04 [-1.41]
Stati Uniti	1.00 [11.31]	1.00 [6.73]	0.06 [-1.82]	0.03 [-2.12]
Rifiuto ipotesi nulla: 5% [t-statistico]				

Tabella 5 – Sintesi test stazionarietà capitale pubblico

	OCCUPAZIONE		Δ OCCUPAZIONE	
	ADF	PP	ADF	PP
Francia	0.99 [3.76]	1.00 [5.10]	0.00 [-3.17]	0.00 [-3.07]
Germania	0.96 [1.43]	0.97 [1.59]	0.00 [-4.11]	0.00 [-4.03]
Grecia	0.74 [0.23]	0.77 [0.30]	0.00 [-3.66]	0.00 [-3.66]
Irlanda	0.97 [1.62]	0.99 [2.15]	0.00 [-2.84]	0.00 [-2.84]
Italia	0.99 [2.13]	0.99 [2.75]	0.00 [-3.70]	0.00 [-3.70]
Portogallo	0.93 [1.11]	0.93 [1.17]	0.00 [-4.83]	0.00 [-4.80]
Regno Unito	0.98 [1.94]	0.99 [2.40]	0.00 [-4.01]	0.00 [-3.66]
Spagna	0.88 [0.83]	0.93 [1.20]	0.01 [-2.42]	0.01 [-2.59]
Stati Uniti	0.99 [3.46]	1.00 [6.60]	0.00 [-2.83]	0.00 [-2.65]
Rifiuto ipotesi nulla: 5% [t-statistico]				

Tabella 6 – Sintesi test stazionarietà occupazione

	PIL		Δ PIL	
	ADF	PP	ADF	PP
Francia	0.97 [1.62]	0.99 [3.81]	0.00 [-5.34]	0.00 [-5.32]
Germania	1.00 [5.69]	0.99 [3.22]	0.04 [-2.02]	0.00 [-3.23]
Grecia	0.96 [1.47]	0.98 [1.80]	0.00 [-3.98]	0.00 [-3.88]
Irlanda	1.00 [6.33]	1.00 [7.13]	0.00 [-5.81]	0.00 [-6.00]
Italia	0.99 [2.82]	0.99 [3.54]	0.00 [-3.75]	0.00 [-3.71]
Portogallo	0.99 [2.30]	0.99 [3.60]	0.00 [-2.83]	0.00 [-2.83]
Regno Unito	0.99 [3.41]	1.00 [5.94]	0.00 [-3.37]	0.00 [-3.15]
Spagna	0.96 [1.53]	0.99 [3.52]	0.03 [-2.12]	0.03 [-2.08]
Stati Uniti	1.00 [8.90]	1.00 [6.97]	0.03 [-2.11]	0.00 [-2.91]
Rifiuto ipotesi nulla: 5% [t-statistico]				

Tabella 7 – Sintesi test stazionarietà PIL

In base ai risultati mostrati dai test condotti, è possibile concludere che tutte le serie storiche oggetto di indagine sono integrate di ordine 1, in quanto diventano stazionarie alle differenze prime. Ciò risulta essere un passaggio fondamentale ed indispensabile per poter passare all'analisi di eventuali relazioni di cointegrazione tra le variabili.

5.4 – SCELTA DEI RITARDI

La metodologia dei modelli autoregressivi, esposta nel capitolo precedente, si basa sull'implicita assunzione che il numero dei ritardi n , sia conosciuto. Tuttavia nelle applicazioni empiriche, quest'ultimo risulta al contrario essere sconosciuto.

La letteratura econometrica, ha quindi elaborato un serie di criteri, volti all'individuazione del numero di ritardi ottimale da applicare. I criteri che qui vengono utilizzati sono i seguenti:

- 1) Akaike (1974) information criterion (AIC),
- 2) Schwarz (1978) information criterion (SC),
- 3) Hannan-Quinn (1979) information criterion (HQ).

PAESE	AIC	SC	HQ	NUMERO DI RITARDI SCELTO
Francia	2	2	2	2
Germania	3	1	1	1
Grecia	2	2	2	2
Irlanda	3	2	3	2
Italia	2	1	1	1
Portogallo	1	1	1	1
Regno Unito	2	1	2	2
Spagna	4	2	2	2
Stati Uniti	2	2	2	2

Tabella 8 – Sintesi scelta ritardi

Le prime tre colonne della precedente tabella mettono in evidenza il numero di ritardi ottimale individuato rispettivamente da ognuno dei criteri precedentemente elencati, per ognuno dei paesi oggetto di indagine. La quarta colonna invece contiene il numero dei ritardi scelto per le successive indagini.

Com'è possibile notare, per la maggior parte dei paesi, il numero ottimale dei ritardi è pari a 2 con due sole eccezioni in cui esso è pari ad 1 (Italia e Portogallo). Ad ogni modo, come prassi generale, nel momento in cui i criteri restituivano come ottimali, numeri di ritardo differenti, si è sempre privilegiato come ottimale quello più basso, in modo da non perdere troppi gradi di libertà ed avere conseguentemente risultati più robusti.

Si è anche proceduto ad una serie di test allo scopo di verificare se per il numero di ritardi selezionato, i residui fossero liberi da autocorrelazione di ordine 1 e fossero normalmente distribuiti. Su questi ultimi sono stati condotti test anche con riguardo all'eteroschedasticità.

Naturalmente questi test sono stati condotti sui residui derivanti dalla stima di un VAR senza restrizioni basato sul numero di ritardi ottimale selezionato in precedenza.

I risultati sono quelli evidenziati nella seguente tabella:

PAESE	TEST DI SPECIFICAZIONE - P-VALUE		
	AUTOCORRELAZIONE	ETEROSCHEDASTICITA'	NORMALITA'
Francia	0.711	0.659	0.579
Germania	0.761	0.933	0.693
Grecia	0.263	0.243	0.168
Irlanda	0.607	0.248	0.287
Italia	0.224	0.383	0.398
Portogallo	0.437	0.380	0.234
Regno Unito	0.780	0.234	0.534
Spagna	0.601	0.464	0.611
Stati Uniti	0.047	0.554	0.211

Tabella 9 – Sintesi test di validità statistica

È possibile notare che al livello di significatività del 5%, non vi è la presenza di segnali che indichino autocorrelazione o eteroschedasticità dei residui. È importante sottolineare che laddove il test di autocorrelazione faccia presupporre per l'appunto che i residui siano autocorrelati, si è scelto di incrementare il numero di ritardi ottimale selezionato fino a che ripetendo il test di autocorrelazione non fosse possibile rifiutare l'ipotesi nulla.⁷⁵Un ulteriore risultato degno di nota riguarda il fatto che i residui sono normalmente distribuiti.

⁷⁵ Per alcuni paesi è stata necessaria l'introduzione di una variabile dummy per tenere conto di peculiari specificità (ad esempio la riunificazione della Germania).

Cercando di sintetizzare, per determinare la lunghezza ottimale dei ritardi da applicare al modello prescelto, è possibile utilizzare il valore minimo indicato da alcuni specifici criteri. I principali sono:

- Akaike information criterion (AIC)

$$AIC = \ln \frac{1}{T} \sum (u_t^{(p)})^2 + m \frac{2}{T} \quad (5.8)$$

- Bayesian criterion of Gideon Schwarz

$$SC = \ln \frac{1}{T} \sum (u^{(p)}) + m \frac{\ln}{T} \quad (5.9)$$

- Hannan-Quinn criterion

$$HQ = \ln \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (u_t^{(p)})^2 + m \frac{2 \ln (\ln T)}{T} \quad (5.10)$$

dove $u_t^{(p)}$ rappresenta i residui derivanti dalla stima del modello, con t che indica il numero delle osservazioni e p la lunghezza del modello stesso.

I passaggi successivi dell'analisi empirica sono quindi basati sugli ordini di ritardo scelti in precedenza.

5.5 – TEST DI COINTEGRAZIONE

Uno dei capisaldi della teoria economica neoclassica, riguarda il fatto che lungo il percorso di crescita, i rapporti tra le principali variabili sono costanti, ovvero capitale, lavoro, consumo, investimenti ecc., crescono tutti quanti ad un tasso costante.

Uno dei primi autori ad indagare le principali implicazioni della nozione di cointegrazione (così come descritta nel precedente paragrafo 4.4), fu King (1991). Egli riuscì a dimostrare che, la costanza nel rapporto tra le principali variabili, implicava che anche se queste ultime prese singolarmente erano non stazionarie, allora esse potevano, con elevata probabilità, essere accomunate da uno stesso trend stocastico. Applicando ciò alla presente problematica, significherebbe che il rapporto tra la dotazione di capitale pubblico, l'output produttivo, l'occupazione e il capitale privato presenta delle potenziali relazioni di cointegrazione.

Un'ulteriore relazione di cointegrazione potrebbe essere ricavata dall'approccio della funzione di produzione, come quello elaborato da Aschauer. Quest'ultima dipende inevitabilmente dal vincolo tecnologico. Infatti se esso all'interno del modello risulta essere un processo stazionario, allora la funzione di produzione potrebbe presentare una relazione di cointegrazione⁷⁶. Se al contrario, il vincolo tecnologico, non è un processo di tipo stazionario, allora la funzione di produzione non è in grado di descrivere una relazione stazionaria (e di conseguenza non ci sarà cointegrazione), tra le variabili presenti all'interno del vettore $X_t \equiv [k_t^G, k_t^P, n_t, y_t, t]$. Riassumendo e basandosi sulla teoria economica, ci si aspetta di trovare relazioni di cointegrazione tra le variabili considerate.

I test utilizzati per verificare la presenza ed il numero di relazioni di cointegrazione sono il trace test e il max-eigenvalue di Johansen (1991, 1998), che prende il nome dal suo autore. La sequenza di quest'ultimo può trovare rappresentazione matematica come segue:

$$H_0(r_0) : \text{rango}(\Pi) = r_0 \quad \text{con } r_0 = 1,2,3 \dots$$

contro

$$H_1(r_0) : \text{rango}(\Pi) = k \quad \text{con } r_0 = 1,2,3, \dots$$

La sequenza del test inizia con l'ipotesi nulla, secondo la quale il rango di cointegrazione è pari a zero (ovvero non vi è alcuna relazione di cointegrazione tra le variabili). Se l'ipotesi nulla non potesse essere rifiutata, allora la sequenza di test può considerarsi terminata e si dovrebbe procedere attraverso un modello VAR con le variabili espresse in differenze prime. Se al contrario l'ipotesi nulla dovesse essere rifiutata, allora il modello più appropriato è il VECM, poiché sarebbe verificata la presenza di relazioni di cointegrazione, le quali devono necessariamente essere indagate. I risultati dei test di cointegrazione di Johansen sono sintetizzati nelle seguenti tabelle, una per il trace test e una per il max-eigenvalue test.

⁷⁶ Ciò naturalmente rinnova la problematica circa la provenienza di trend stocastici nei dati. Ad ogni modo la tecnologia è ampiamente considerata come il principale candidato per una tendenza di tipo stocastico.

TRACE TEST					
PAESE	Data trend: nessuno	Data trend: nessun	Data trend: lineare	Data trend: lineare	Data trend: quadratico
	Tipo di test: No intercetta No trend	Tipo di test: intercetta No trend	Tipo di test: intercetta No trend	Tipo di test: intercetta e trend	Tipo di test: intercetta e trend
Francia	2	3	2	4	4
Germania	4	2	2	2	1
Grecia	1	1	0	1	1
Irlanda	2	2	1	2	4
Italia	2	2	1	1	0
Portogallo	2	2	2	1	0
Regno Unito	3	3	3	3	3
Spagna	4	3	3	3	4
Stati Uniti	1	1	2	0	0

Tabella 10 – Sintesi trace test

MAX-EIGENVALUE					
PAESE	Data trend: nessuno	Data trend: nessun	Data trend: lineare	Data trend: lineare	Data trend: quadratico
	Tipo di test: No intercetta No trend	Tipo di test: intercetta No trend	Tipo di test: intercetta No trend	Tipo di test: intercetta e trend	Tipo di test: intercetta e trend
Francia	2	2	1	1	1
Germania	1	2	2	2	1
Grecia	0	0	0	1	1
Irlanda	2	2	1	1	1
Italia	1	1	1	1	0
Portogallo	2	2	1	1	1
Regno Unito	3	3	3	2	1
Spagna	1	1	1	1	1
Stati Uniti	1	1	0	0	0

Tabella 11 – Sintesi Max-Eigenvalue test

I risultati dei test condotti, mettono in evidenza come per tutti i paesi considerati vi sia almeno una relazione di cointegrazione tra le variabili. Ciò permette l'utilizzo del VECM per la successiva indagine empirica.

5.6 – PRINCIPALI RISULTANZE VECM

In questo paragrafo vengono presentate le principali risultanze relative alle stime del vector error correction model, così come presentato in precedenza. Per ogni paese oggetto di indagine, si è provveduto dapprima a verificare la significatività

dei coefficienti, per stabilire se le variabili capitale privato, occupazione e dotazione di capitale pubblico, abbiano oppure no una qualche influenza sull'output produttivo. Per tale verifica naturalmente, si è fatto riferimento ai valori del t-statistico, di ampia diffusione tra gli addetti ai lavori. Alle variabili è stata applicata la restrizione di endogeneità, ovvero si è assunto che una variabile non possa influenzare sé stessa.

Una volta appurato questo aspetto si è passati all'analisi dei singoli coefficienti presenti all'interno dell'equazione di cointegrazione per approfondire eventuali rapporti di causalità sia di lungo che di breve periodo. Il numero dei coefficienti da analizzare, varia in base al numero dei ritardi scelto (cfr. paragrafo 5.4). Infatti nel caso di un solo ritardo l'equazione assumerà una struttura del tipo:

$$D(LNPIL) = C(1)*(LNPIL(-1) - X*LNOCUPAZIONE(-1) + X*LNGFCF(-1) - X*LNCAPITALE_PRIVATO(-1)) + C(2)*D(LNPIL(-1)) + C(3)*D(LNOCUPAZIONE(-1)) + C(4)*D(LNGFCF(-1)) + C(5)*D(LNCAPITALE_PRIVATO(-1))$$

Di conseguenza i coefficienti da stimare saranno cinque. Al contrario, se i ritardi fossero due l'equazione avrà la seguente forma:

$$D(LNPIL) = C(1)*(LNPIL(-1) - X*LNOCUPAZIONE(-1) - X*LNGFCF(-1) - X*LNCAPITALE_PRIVATO(-1)) + C(2)*D(LNPIL(-1)) + C(3)*D(LNPIL(-2)) + C(4)*D(LNOCUPAZIONE(-1)) + C(5)*D(LNOCUPAZIONE(-2)) + C(6)*D(LNGFCF(-1)) + C(7)*D(LNGFCF(-2)) + C(8)*D(LNCAPITALE_PRIVATO(-1)) + C(9)*D(LNCAPITALE_PRIVATO(-2))$$

In questo caso i coefficienti da stimare saranno nove.

In entrambi i casi il coefficiente C(1), ha una duplice funzione, da un lato indica se vi è o meno la presenza di causalità di lungo periodo, dall'altro fornisce informazioni circa la velocità di aggiustamento ad una condizione di equilibrio sempre nel lungo periodo.

Affinché si possa affermare che vi sia una causalità di lungo periodo (la quale sarà indagata anche attraverso il test di Granger per avere un'ulteriore conferma dei risultati ottenuti), è necessario che tale coefficiente sia negativo e statisticamente significativo.

Tutti gli altri coefficienti, ovvero $C(2)$, $C(3)$, $C(4)$ $C(n)$, forniscono invece informazioni sulla causalità di breve periodo. Per stabilire se vi sia o meno la presenza di quest'ultima da parte del capitale pubblico verso l'occupazione, il capitale privato e l'output produttivo, si è utilizzato il test di Wald, la cui ipotesi nulla è che non vi sia causalità nel breve periodo.

Naturalmente per verificare con maggiore adeguatezza la problematica della causalità inversa, il test di Granger è stato condotto non solo nella direzione dal capitale pubblico verso le altre variabili, occupazione, capitale privato e output produttivo, ma anche in quella inversa ovvero da queste ultime verso il capitale pubblico.

Una volta indagati e commentati tutti gli aspetti appena citati, si è passati alla verifica della validità statistica del modello applicato, attraverso tre test sui residui delle stime ottenute. Ognuno di questi ultimi analizza uno specifico aspetto.

Il primo è il test di normalità e va a verificare se i residui sono normalmente distribuiti. In questo caso l'ipotesi nulla è che i residui siano distribuiti normalmente ovvero che questi ultimi si distribuiscano secondo una variabile aleatoria normale, ciò significa che nel momento in cui vi è un errore nel modello, quest'ultimo si verifica sempre con le stesse modalità. Ai fini di una maggiore validità statistica del modello è opportuno che si verifichi questa condizione.

Il secondo test ha a che fare con l'eteroschedasticità ovvero con la possibilità che la varianza del termine di errore del modello possa variare tra un'osservazione campionaria e l'altra⁷⁷. Con riferimento a questo specifico test, l'ipotesi nulla è che non vi è la presenza di eteroschedasticità nel modello. Ciò rappresenta anche la condizione ideale affinché quest'ultimo abbia una buona validità statistica.

Il terzo ed ultimo test riguarda la correlazione seriale (autocorrelazione) dei residui e va per l'appunto a verificare se a causa dell'inerzia o dell'instabilità

⁷⁷ Il problema dell'eteroschedasticità è particolarmente rilevante nei modelli regressivi in quanto fa venire meno alcune delle ipotesi classiche del modello di regressione lineare (cfr. Blanchard). In generale questo problema riguarda qualsiasi termine d'errore di qualsiasi modello quantitativo. Nello specifico i residui di questi modelli (siano essi regressivi o autoregressivi) sono detti omoschedastici quando sono statisticamente indipendenti da tutte le variabili esplicative, quando invece mostrano una tendenza a co-variare assieme a soltanto una di queste variabili vengono detti eteroschedastici.

dei valori osservati, ogni valore è influenzato dal suo precedente e determina in parte rilevante quello successivo. Ai fini di una maggiore validità statistica del modello è opportuno che ciò non si verifichi, ovvero che i residui non siano serialmente correlati ed in questo caso l'ipotesi nulla è che non vi sia autocorrelazione.

Riassumendo, le tre condizioni affinché si possa affermare che il modello utilizzato sia statisticamente valido sono: la normalità dei residui, l'omoschedasticità (o se si preferisce l'assenza di eteroschedasticità) e l'assenza di autocorrelazione.

A questo punto è possibile procedere con la presentazione dei risultati, i quali verranno mostrati con riferimento ad ogni singolo paese.

FRANCIA

Nella tabella che segue vengono presentate le stime del VECM

Vector Error Correction Estimates
 Sample (adjusted): 1963 2017
 Included observations: 55 after adjustments
 Standard errors in () & t-statistics in []

Cointegration Restrictions:

$B(1,1)=1$, $A(2,1)=0$, $A(3,1)=0$, $A(4,1)=0$

Convergence achieved after 142 iterations.

Restrictions identify all cointegrating vectors

LR test for binding restrictions (rank = 1):

Chi-square(3) 30.34412

Probability 0.015856

Cointegrating Eq:	CointEq1			
LNPIL(-1)	1.000000			
LNOCCUPAZIONE(-1)	-1.615586 (0.55680) [-2.90153]			
LNGFCF(-1)	-1.910344 (0.90602) [-2.10851]			
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	-0.593484 (0.36093) [-1.64431]			
Error Correction:	D(LNPIL)	D(LNOCCUPAZIONE)	D(LNGFCF)	D(LNCAPITALE_PRIVATO)
CointEq1	-0.025295	0.000000	0.000000	0.000000

	(0.00540)	(0.00000)	(0.00000)	(0.00000)
	[-4.68601]	[NA]	[NA]	[NA]
D(LNPIL(-1))	0.215284 (0.19099) [1.12722]	0.196600 (0.16834) [1.16787]	0.021945 (0.07327) [0.29951]	1.118552 (0.97170) [1.15112]
D(LNPIL(-2))	0.065748 (0.14099) [0.46633]	0.155616 (0.12427) [1.25221]	-0.065268 (0.05409) [-1.20665]	0.190585 (0.71734) [0.26568]
D(LNOCCUPAZIONE(-1))	0.085790 (0.20749) [0.41346]	0.630402 (0.18289) [3.44686]	0.031427 (0.07960) [0.39479]	0.057132 (1.05569) [0.05412]
D(LNOCCUPAZIONE(-2))	-0.248343 (0.20048) [-1.23871]	-0.340620 (0.17671) [-1.92754]	0.111412 (0.07691) [1.44853]	-1.590908 (1.02003) [-1.55967]
D(LNGFCF(-1))	0.493526 (0.36198) [1.36340]	0.255149 (0.31906) [0.79969]	0.693198 (0.13887) [4.99166]	0.108301 (1.84169) [0.05881]
D(LNGFCF(-2))	0.039378 (0.36611) [0.10756]	-0.150008 (0.32270) [-0.46486]	0.192783 (0.14045) [1.37257]	0.654452 (1.86268) [0.35135]
D(LNCAPITALE_PRIVATO (-1))	-0.087524 (0.03751) [-2.33310]	-0.034159 (0.03307) [-1.03306]	-0.009273 (0.01439) [-0.64432]	0.225552 (0.19086) [1.18174]
D(LNCAPITALE_PRIVATO (-2))	0.006661 (0.04139) [0.16095]	0.028733 (0.03648) [0.78760]	0.006069 (0.01588) [0.38220]	0.327361 (0.21058) [1.55458]
R-squared	0.771301	0.325840	0.921805	0.325922
Adj. R-squared	0.731527	0.208594	0.908206	0.208691
Sum sq. resids	0.003497	0.002717	0.000515	0.090535
S.E. equation	0.008720	0.007686	0.003345	0.044364
F-statistic	19.39217	2.779129	67.78401	2.780168
Log likelihood	187.6922	194.6339	240.3847	98.21562
Akaike AIC	-6.497898	-6.750325	-8.413989	-3.244204
Schwarz SC	-6.169426	-6.421852	-8.085516	-2.915731
Mean dependent	0.021090	0.007215	0.024586	0.048124
S.D. dependent	0.016829	0.008639	0.011041	0.049872
Determinant resid covariance (dof adj.)		2.88E-17		
Determinant resid covariance		1.41E-17		
Log likelihood		750.1589		
Akaike information criterion		-25.82396		
Schwarz criterion		-24.36408		

Tabella 12 – Estimation output Francia

Si nota come i coefficienti di tutte le variabili siano negativi e statisticamente molto significativi, ciò porta ad affermare che la dotazione di capitale pubblico, l'occupazione e il capitale privato hanno un'influenza positiva sull'output

produttivo della Francia, ovvero che variazioni positive di queste variabili determinano variazioni positive dell'output produttivo.

Indagando l'analisi dei singoli coefficienti è possibile notare quanto segue:

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.015587	0.007768	-2.006499	0.0507
C(2)	0.215284	0.190987	1.127218	0.2655
C(3)	0.065748	0.140991	0.466330	0.6432
C(4)	0.085790	0.207495	0.413456	0.6812
C(5)	-0.248343	0.200485	-1.238714	0.2217
C(6)	0.493526	0.361981	1.363403	0.1794
C(7)	0.039378	0.366107	0.107558	0.9148
C(8)	-0.087524	0.037514	-2.333102	0.0241
C(9)	0.006661	0.041389	0.160945	0.8728
R-squared	0.771301	Mean dependent var		0.021090
Adjusted R-squared	0.731527	S.D. dependent var		0.016829
S.E. of regression	0.008720	Akaike info criterion		-6.497898
Sum squared resid	0.003497	Schwarz criterion		-6.169426
Log likelihood	187.6922	Hannan-Quinn criter.		-6.370875
Durbin-Watson stat	2.000719			

Tabella 13 – Analisi dei coefficienti Francia

Richiamando le premesse al presente paragrafo, si nota come il coefficiente C(1) è negativo, ma non statisticamente significativo. Questo vuol dire che non si può supporre l'esistenza di una relazione di causalità nel lungo periodo tra la dotazione di capitale pubblico, l'occupazione e il capitale privato rispetto all'output produttivo.

Ad ogni modo ai fini di indagare con maggiore precisione tale relazione si è svolto il test di Granger di cui si riportano i risultati.

Pairwise Granger Causality Tests

Sample: 1960 2017

Lags: 2

Null Hypothesis:	F-Statistic	Prob.
LNGFCF does not Granger Cause LNPIL	1.68782	0.0151
LNPIL does not Granger Cause LNGFCF	0.00509	0.9949
LNGFCF does not Granger Cause LNOCCUPAZIONE	0.80110	0.0544
LNOCCUPAZIONE does not Granger Cause LNGFCF	2.31360	0.1092
LNGFCF does not Granger Cause LNCAPITALE_PRIVATO	4.68755	0.0135
LNCAPITALE_PRIVATO does not Granger Cause LNGFCF	0.46252	0.6323

Tabella 14 – Granger causality Francia

Da quest'ultima si possono trarre alcuni aspetti di sicuro interesse. Innanzitutto se è vero che un incremento della dotazione di capitale pubblico genera un aumento dell'output produttivo, non è vero il contrario, di conseguenza non ci sarebbero indizi circa il fenomeno della causalità inversa. Ciò si verifica, anche se in misura più contenuta, nel caso del rapporto tra la dotazione di capitale pubblico e le altre due variabili, ovvero occupazione e capitale privato.

L'analisi degli ulteriori coefficienti, che fanno riferimento al breve periodo, permette di mettere in evidenza quanto segue:

Test Statistic			
LNGFCF	Value	df	Probability
F-statistic	8.095663	(2, 46)	0.0010
Chi-square	16.19133	2	0.0003
Null Hypothesis: C(6) = C(7)=0			
Null Hypothesis Summary:			
Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.	
C(6)	0.493526	0.361981	
C(7)	0.039378	0.366107	
Test Statistic			
LNOCCUPAZIONE	Value	df	Probability
F-statistic	0.828881	(2, 46)	0.4430
Chi-square	1.657762	2	0.4365
Null Hypothesis: C(4) = C(5)=0			
Null Hypothesis Summary:			
Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.	
C(4)	0.085790	0.207495	
C(5)	-0.248343	0.200485	
Test Statistic			
LNCAPITALE_PRI VATO	Value	df	Probability
F-statistic	3.636800	(2, 46)	0.0342
Chi-square	7.273599	2	0.0263
Null Hypothesis: C(8) = C(9)=0			
Null Hypothesis Summary:			
Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.	
C(8)	-0.087524	0.037514	
C(9)	0.006661	0.041389	

Sample: 1960 2017
 Included observations: 55

Dependent variable: D(LNPIL)

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNOCCUPAZIONE)	1.657762	2	0.4365
D(LNGFCF)	16.19133	2	0.0003
D(LNCAPITALE_PRIVATO)	7.273599	2	0.0263
All	28.02811	6	0.0001

Tabella 15 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Francia

I risultati appena mostrati si prestano alla seguente lettura: mentre è possibile affermare che vi è una causalità di breve periodo della dotazione di capitale pubblico e del capitale privato rispetto all'output produttivo, altrettanto non si può dire per l'occupazione. Quindi, nel breve periodo, variazioni nella dotazione di capitale pubblico e capitale privato comportano variazioni nell'output produttivo.

I risultati dei test di normalità, eteroschedasticità e autocorrelazione evidenziano la validità statistica del modello.

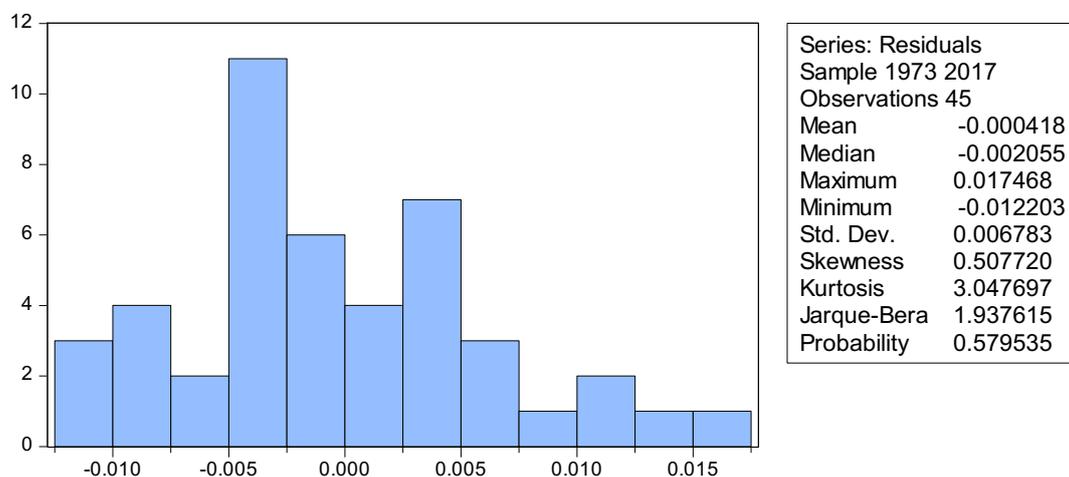


Tabella 16 – Test di normalità Francia

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

F-statistic	0.731199	Prob. F(12,42)	0.7133
Obs*R-squared	9.504620	Prob. Chi-Square(12)	0.6593
Scaled explained SS	17.73167	Prob. Chi-Square(12)	0.1241

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2
 Method: Least Squares
 Included observations: 55

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.002540	0.008676	-0.292700	0.7712
LNPIL(-1)	0.001282	0.003538	0.362526	0.7188
LNOCCUPAZIONE(-1)	-0.004217	0.003845	-1.096696	0.2790
LNGFCF(-1)	0.004270	0.007491	0.570007	0.5717
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	0.000818	0.000782	1.045481	0.3018
LNPIL(-2)	0.001903	0.004593	0.414236	0.6808
LNPIL(-3)	-0.002081	0.002561	-0.812550	0.4211
LNOCCUPAZIONE(-2)	0.005053	0.006500	0.777382	0.4413
LNOCCUPAZIONE(-3)	-0.000202	0.004034	-0.050037	0.9603
LNGFCF(-2)	-0.006043	0.012855	-0.470053	0.6407
LNGFCF(-3)	0.000425	0.007383	0.057604	0.9543
LNCAPITALE_PRIVATO(-2)	-0.000301	0.001235	-0.243464	0.8088
LNCAPITALE_PRIVATO(-3)	-0.000293	0.000752	-0.389162	0.6991
R-squared	0.172811	Mean dependent var		6.36E-05
Adjusted R-squared	-0.063528	S.D. dependent var		0.000148
S.E. of regression	0.000153	Akaike info criterion		-14.53111
Sum squared resid	9.81E-07	Schwarz criterion		-14.05665
Log likelihood	412.6055	Hannan-Quinn criter.		-14.34763
F-statistic	0.731199	Durbin-Watson stat		2.269712
Prob(F-statistic)	0.713286			

Tabella 17 – Test di eteroschedasticità Francia

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	0.294946	Prob. F(2,44)	0.7460
Obs*R-squared	0.682158	Prob. Chi-Square(2)	0.7110

Test Equation:

Dependent Variable: RESID
 Method: Least Squares
 Included observations: 55
 Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.003805	0.012975	0.293228	0.7707
C(2)	0.008814	0.528400	0.016681	0.9868
C(3)	0.136781	0.284580	0.480643	0.6332
C(4)	-0.009263	0.213610	-0.043365	0.9656
C(5)	0.006951	0.213539	0.032552	0.9742
C(6)	0.045123	0.375253	0.120247	0.9048
C(7)	-0.143764	0.500261	-0.287377	0.7752
C(8)	0.000982	0.041932	0.023415	0.9814
C(9)	0.014504	0.056210	0.258025	0.7976
RESID(-1)	-0.004102	0.556823	-0.007368	0.9942
RESID(-2)	-0.237597	0.312780	-0.759632	0.4515
R-squared	0.012403	Mean dependent var		0.000231
Adjusted R-squared	-0.212051	S.D. dependent var		0.008044
S.E. of regression	0.008856	Akaike info criterion		-6.438489
Sum squared resid	0.003451	Schwarz criterion		-6.037022
Log likelihood	188.0584	Hannan-Quinn criter.		-6.283238
Durbin-Watson stat	1.984439			

Tabella 18 – Test di autocorrelazione Francia

Riassumendo si può dire che in Francia, la dotazione di capitale pubblico riveste un ruolo significativo per la crescita economica (misurata come incremento dell'output produttivo). Ciò è anche testimoniato da una relazione di causalità, sia di breve che di lungo periodo, della dotazione di capitale pubblico rispetto all'output produttivo, verificata attraverso l'utilizzo del test di Granger. Le analisi circa la validità statistica del modello contribuiscono a conferire maggiore robustezza ai risultati ottenuti.

GERMANIA

Le stime del modello VECM sono le seguenti:

Vector Error Correction Estimates
 Sample (adjusted): 1963 2017
 Included observations: 55 after adjustments
 Standard errors in () & t-statistics in []

Cointegration Restrictions:

B(1,1)=1, A(2,1)=0, A(3,1)=0, A(4,1)=0
 Convergence achieved after 34 iterations.
 Restrictions identify all cointegrating vectors
 LR test for binding restrictions (rank = 1):
 Chi-square(3) 16.83913
 Probability 0.000763

Cointegrating Eq:	CointEq1
LNPIL(-1)	1.000000
LNOCCUPAZIONE(-1)	-0.196524 (0.07520) [-2.61338]
LNGFCF(-1)	-0.305162 (0.12732) [-2.39684]
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	0.003194 (0.08696) [0.03673]

Error Correction:	D(LNPIL)	D(LNOCCUPAZIONE)	D(LNGFCF)	D(LNCAPITALE_PRIVATO)
CointEq1	-0.105637 (0.02165) [-4.87870]	0.000000 (0.00000) [NA]	0.000000 (0.00000) [NA]	0.000000 (0.00000) [NA]
D(LNPIL(-1))	-0.191582 (0.15893) [-1.20548]	0.062711 (0.19779) [0.31705]	0.065664 (0.21905) [0.29977]	-1.136772 (0.56787) [-2.00181]
D(LNPIL(-2))	0.006919 (0.12483) [0.05543]	0.045439 (0.15536) [0.29247]	0.108321 (0.17206) [0.62957]	0.067656 (0.44604) [0.15168]
D(LNOCCUPAZIONE(-1))	-0.116599 (0.14657) [-0.79550]	0.225696 (0.18242) [1.23723]	0.425950 (0.20202) [2.10842]	0.501265 (0.52373) [0.95710]
D(LNOCCUPAZIONE(-2))	-0.231585 (0.15927) [-1.45406]	0.402580 (0.19822) [2.03099]	0.117269 (0.21952) [0.53421]	-0.017448 (0.56909) [-0.03066]
D(LNGFCF(-1))	-0.021770 (0.11028) [-0.19740]	-0.161403 (0.13725) [-1.17597]	0.140531 (0.15200) [0.92454]	0.091873 (0.39405) [0.23315]

D(LNGFCF(-2))	0.005587 (0.10302) [0.05423]	0.073660 (0.12822) [0.57450]	0.158649 (0.14199) [1.11728]	-0.061236 (0.36811) [-0.16635]
D(LNCAPITALE_PRIVATO (-1))	0.057285 (0.05375) [1.06575]	0.128042 (0.06690) [1.91402]	-0.050752 (0.07409) [-0.68505]	0.814038 (0.19206) [4.23840]
D(LNCAPITALE_PRIVATO (-2))	-0.123097 (0.05239) [-2.34947]	-0.141578 (0.06521) [-2.17121]	-0.033740 (0.07221) [-0.46722]	-0.573179 (0.18721) [-3.06168]
R-squared	0.640011	0.276879	0.471317	0.341803
Adj. R-squared	0.577404	0.151119	0.379372	0.227334
Sum sq. resids	0.007580	0.011741	0.014400	0.096779
S.E. equation	0.012837	0.015976	0.017693	0.045868
F-statistic	10.22272	2.201648	5.126083	2.985984
Log likelihood	166.4217	154.3885	148.7746	96.38160
Akaike AIC	-5.724424	-5.286854	-5.082713	-3.177513
Schwarz SC	-5.395951	-4.958381	-4.754240	-2.849040
Mean dependent	0.015650	0.004589	0.025251	0.027936
S.D. dependent	0.019747	0.017340	0.022459	0.052181
Determinant resid covariance (dof adj.)		1.32E-14		
Determinant resid covariance		6.48E-15		
Log likelihood		580.4039		
Akaike information criterion		-19.65105		
Schwarz criterion		-18.19117		

Tabella 19 – Estimation output Germania

Dai risultati mostrati è evidente come i coefficienti delle variabili occupazione e dotazione di capitale pubblico sono negativi e statisticamente molto significativi, mentre il coefficiente della variabile capitale privato è sì negativo, ma non risulta avere la stessa significatività statistica dei precedenti. Quanto osservato ha un significato ben preciso ovvero che mentre la dotazione di capitale pubblico e l'occupazione hanno un'influenza positiva sull'output produttivo, il capitale privato non si comporta allo stesso modo.

Per quanto concerne l'analisi dei coefficienti alla base del modello, è possibile notare quanto segue:

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.141603	0.026956	-5.253081	0.0000
C(2)	-0.191582	0.158926	-1.205478	0.2342
C(3)	0.006919	0.124831	0.055426	0.9560
C(4)	-0.116599	0.146574	-0.795497	0.4304
C(5)	-0.231585	0.159268	-1.454062	0.1527
C(6)	-0.021770	0.110281	-0.197403	0.8444

C(7)	0.005587	0.103021	0.054232	0.9570
C(8)	0.057285	0.053751	1.065750	0.2921
C(9)	-0.123097	0.052393	-2.349474	0.0231
R-squared	0.640011	Mean dependent var		0.015650
Adjusted R-squared	0.577404	S.D. dependent var		0.019747
S.E. of regression	0.012837	Akaike info criterion		-5.724424
Sum squared resid	0.007580	Schwarz criterion		-5.395951
Log likelihood	166.4217	Hannan-Quinn criter.		-5.597401
Durbin-Watson stat	2.061143			

Tabella 20 – Analisi dei coefficienti Germania

Come visto per la Francia, anche nel caso della Germania, il coefficiente C(1) è negativo ma non statisticamente significativo. Ciò significa che non si può parlare di una relazione di causalità nel lungo periodo tra le variabili considerate nel loro complesso rispetto all'output produttivo.

Ad ogni modo per avere risultati più chiari con riferimento alle singole variabili, si è utilizzato il test di Granger, i cui risultati sono espressi nella seguente tabella:

Pairwise Granger Causality Tests

Sample: 1960 2017

Lags: 2

Null Hypothesis:	F-Statistic	Prob.
LNGFCF does not Granger Cause LNPIL	1.80647	0.0246
LNPIL does not Granger Cause LNGFCF	0.02591	0.9744
LNGFCF does not Granger Cause LNOCCUPAZIONE	1.22648	0.0318
LNOCCUPAZIONE does not Granger Cause LNGFCF	3.77733	0.0295
LNGFCF does not Granger Cause LNCAPITALE_PRIVATO	3.42598	0.0402
LNCAPITALE_PRIVATO does not Granger Cause LNGFCF	0.18374	0.8327

Tabella 21 – Granger causality - Germania

Questi ultimi mostrano che anche se è vero che un incremento della dotazione di capitale pubblico causa un aumento dell'output produttivo, non è vero il contrario, di conseguenza non ci sarebbero indizi circa una causalità inversa. Ciò si verifica, anche se in misura più contenuta, nel caso del rapporto tra la dotazione di capitale pubblico e il capitale privato. Al contrario nel caso dell'occupazione non si può del tutto escludere la presenza di causalità inversa.

Per quanto riguarda l'analisi di breve periodo invece, i risultati sono quelli evidenziati nelle seguenti tabelle:

Test Statistic LNGFCF	Value	df	Probability
F-statistic	0.019654	(2, 46)	0.9805
Chi-square	0.039308	2	0.9805

Null Hypothesis: C(6)=C(7)=0

Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(6)	-0.021770	0.110281
C(7)	0.005587	0.103021

Test Statistic LNOCCUPAZIONE	Value	df	Probability
F-statistic	1.536304	(2, 46)	0.2260
Chi-square	3.072608	2	0.2152

Null Hypothesis: C(4)=C(5)=0

Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(4)	-0.116599	0.146574
C(5)	-0.231585	0.159268

Test Statistic LNCAPITALE_PRI VATO	Value	df	Probability
F-statistic	2.760095	(2, 46)	0.0738
Chi-square	5.520189	2	0.0633

Null Hypothesis: C(8)=C(9)=0

Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(8)	0.057285	0.053751
C(9)	-0.123097	0.052393

VEC Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Sample: 1960 2017

Included observations: 55

Dependent variable: D(LNPIL)

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNOCCUPAZIONE)	3.072608	2	0.2152
D(LNGFCF)	0.039308	2	0.9805
D(LNCAPITALE_PRIVATE)	5.520189	2	0.0633
All	18.36150	6	0.0054

Tabella 22 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Germania

I risultati indicano che mentre il tra il capitale privato e l'output produttivo esiste una causalità di breve periodo, lo stesso non si può dire con riferimento alla dotazione di capitale pubblico e all'occupazione. Di conseguenza è possibile affermare che l'unica variabile che nel breve periodo gioca un ruolo significativo, in Germania, è il capitale privato.

I risultati dei test di normalità, eteroschedasticità e autocorrelazione indagano circa la validità statistica del modello.

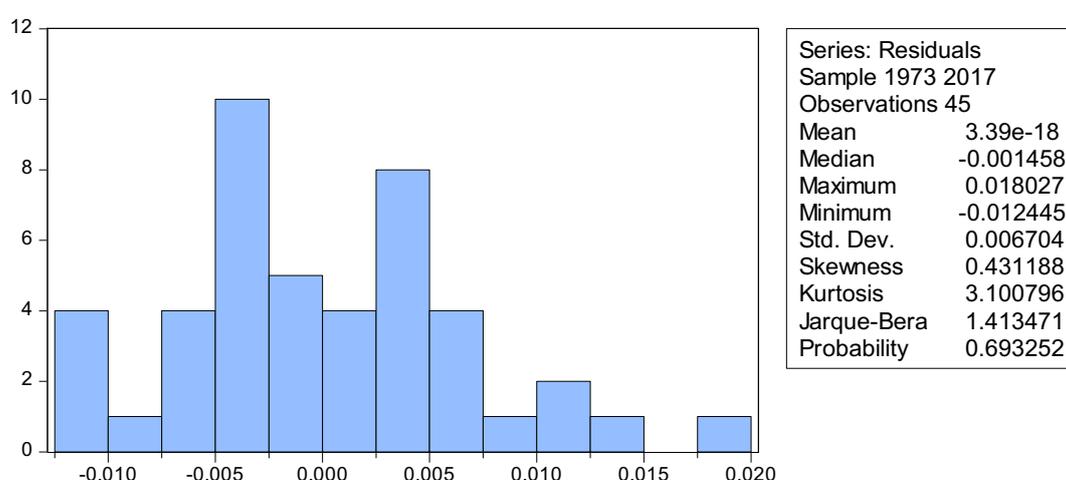


Tabella 23 – Test di normalità Germania

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

F-statistic	0.398507	Prob. F(12,42)	0.9563
Obs*R-squared	5.622119	Prob. Chi-Square(12)	0.9339
Scaled explained SS	13.44427	Prob. Chi-Square(12)	0.3376

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Sample: 1963 2017

Included observations: 55

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.009729	0.034841	-0.279235	0.7814
LNPIL(-1)	0.000668	0.005375	0.124372	0.9016
LNOCCUPAZIONE(-1)	0.002730	0.004754	0.574259	0.5689
LNGFCF(-1)	0.000186	0.004064	0.045777	0.9637
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	-0.001827	0.001745	-1.046859	0.3012
LNPIL(-2)	-0.002402	0.007306	-0.328698	0.7440
LNPIL(-3)	0.001143	0.004071	0.280888	0.7802
LNOCCUPAZIONE(-2)	-0.000338	0.007068	-0.047769	0.9621
LNOCCUPAZIONE(-3)	-0.001564	0.005987	-0.261173	0.7952
LNGFCF(-2)	0.000517	0.005019	0.102979	0.9185
LNGFCF(-3)	-0.000145	0.003493	-0.041559	0.9670

LNCAPITALE_PRIVATO(-2)	0.003635	0.002833	1.283281	0.2064
LNCAPITALE_PRIVATO(-3)	-0.002012	0.001647	-1.221423	0.2287
R-squared	0.102220	Mean dependent var		0.000138
Adjusted R-squared	-0.154288	S.D. dependent var		0.000364
S.E. of regression	0.000391	Akaike info criterion		-12.65400
Sum squared resid	6.41E-06	Schwarz criterion		-12.17954
Log likelihood	360.9850	Hannan-Quinn criter.		-12.47052
F-statistic	0.398507	Durbin-Watson stat		1.896165
Prob(F-statistic)	0.956296			

Tabella 24 – Test di eteroschedasticità Germania

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	2.686890	Prob. F(2,44)	0.7793
Obs*R-squared	5.593847	Prob. Chi-Square(2)	0.7610

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Sample: 1963 2017

Included observations: 55

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.047689	0.037417	1.274503	0.2092
C(2)	0.046674	0.300138	0.155507	0.8771
C(3)	0.266463	0.208031	1.280881	0.2069
C(4)	0.042753	0.144082	0.296729	0.7681
C(5)	0.040515	0.163759	0.247404	0.8057
C(6)	0.053575	0.108954	0.491721	0.6254
C(7)	0.016718	0.100715	0.165988	0.8689
C(8)	-0.023717	0.053296	-0.445002	0.6585
C(9)	0.028762	0.052902	0.543693	0.5894
RESID(-1)	-0.186400	0.319680	-0.583084	0.5628
RESID(-2)	-0.553768	0.282326	-1.961452	0.0562
R-squared	0.101706	Mean dependent var		0.001046
Adjusted R-squared	-0.102451	S.D. dependent var		0.011801
S.E. of regression	0.012390	Akaike info criterion		-5.766927
Sum squared resid	0.006755	Schwarz criterion		-5.365460
Log likelihood	169.5905	Hannan-Quinn criter.		-5.611676
Durbin-Watson stat	2.039078			

Tabella 25 – Test di autocorrelazione Germania

Cercando di sintetizzare i risultati ottenuti per la Germania, è possibile sostenere che la dotazione di capitale pubblico assieme all'occupazione svolge un ruolo importante rispetto alla crescita economica e di conseguenza nel lungo periodo.

Al contrario non vi è traccia di questa stessa importanza nel breve periodo, dove invece un ruolo di primo piano viene svolto dal capitale privato, il quale a

sua volta, ed è importante evidenziarlo, non riveste una significativa rilevanza, nel lungo periodo.

Come per la Francia, anche per la Germania, i test condotti sulla validità statistica del modello, certificano la robustezza dei risultati, essendo i residui di quest'ultimo, normalmente distribuiti, omoschedastici e privi di correlazione seriale.

GRECIA

Le stime del modello VECM sono le seguenti:

Vector Error Correction Estimates
 Sample (adjusted): 1963 2017
 Included observations: 55 after adjustments
 Standard errors in () & t-statistics in []

Cointegration Restrictions:

B(1,1)=1, A(2,1)=0, A(3,1)=0, A(4,1)=0
 Convergence achieved after 22 iterations.
 Restrictions identify all cointegrating vectors
 LR test for binding restrictions (rank = 1):
 Chi-square(3) 4.331172
 Probability 0.227853

Cointegrating Eq:	CointEq1
LNPI(-1)	1.000000
LNOCCUPAZIONE(-1)	-0.492805 (0.17884) [-2.75557]
LNGFCF(-1)	0.062428 (0.35777) [0.17449]
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	-0.087546 (0.07367) [-1.18841]

Error Correction:	D(LNPI)	D(LNOCCUPAZIONE)	D(LNGFCF)	D(LNCAPITALE_PRIVATO)
CointEq1	-0.096340 (0.02012) [-4.78836]	0.000000 (0.00000) [NA]	0.000000 (0.00000) [NA]	0.000000 (0.00000) [NA]
D(LNPI(-1))	0.180208 (0.11529) [1.56303]	0.190517 (0.07634) [2.49561]	0.097272 (0.04600) [2.11454]	0.866196 (0.47939) [1.80687]
D(LNPI(-2))	0.143528 (0.12662) [1.13353]	-0.027360 (0.08384) [-0.32633]	-0.010988 (0.05052) [-0.21749]	-0.857894 (0.52649) [-1.62946]
D(LNOCCUPAZIONE(-1))	0.108404 (0.22495) [0.48191]	0.586350 (0.14895) [3.93661]	0.029979 (0.08975) [0.33401]	1.682184 (0.93534) [1.79848]
D(LNOCCUPAZIONE(-2))	0.124575 (0.22532) [0.55289]	-0.049095 (0.14919) [-0.32907]	-0.060587 (0.08990) [-0.67393]	0.397683 (0.93687) [0.42448]
D(LNGFCF(-1))	-0.137674 (0.36112) [-0.38124]	-0.064677 (0.23911) [-0.27049]	0.621632 (0.14408) [4.31437]	0.604933 (1.50152) [0.40288]

D(LNGFCF(-2))	0.936194 (0.32479) [2.88249]	-0.102073 (0.21505) [-0.47464]	0.207536 (0.12959) [1.60150]	1.677884 (1.35046) [1.24245]
D(LNCAPITALE_PRIVATO (-1))	-0.019874 (0.03637) [-0.54647]	-0.012531 (0.02408) [-0.52037]	0.015458 (0.01451) [1.06528]	0.191197 (0.15122) [1.26438]
D(LNCAPITALE_PRIVATO (-2))	-0.072968 (0.03579) [-2.03882]	0.043008 (0.02370) [1.81488]	-0.010171 (0.01428) [-0.71223]	0.000819 (0.14881) [0.00550]
R-squared	0.653625	0.485206	0.551674	0.373304
Adj. R-squared	0.593386	0.395676	0.473704	0.264313
Sum sq. resids	0.036234	0.015886	0.005768	0.626441
S.E. equation	0.028066	0.018583	0.011198	0.116697
F-statistic	10.85050	5.419507	7.075491	3.425100
Log likelihood	123.3987	146.0739	173.9330	45.02182
Akaike AIC	-4.159953	-4.984506	-5.997563	-1.309884
Schwarz SC	-3.831481	-4.656033	-5.669091	-0.981412
Mean dependent	0.023640	0.001766	0.026460	0.074643
S.D. dependent	0.044013	0.023905	0.015436	0.136055
Determinant resid covariance (dof adj.)		3.52E-13		
Determinant resid covariance		1.72E-13		
Log likelihood		494.0796		
Akaike information criterion		-16.51198		
Schwarz criterion		-15.05211		

Tabella 26 – Estimation output Grecia

Per quanto riguarda la Grecia, le stime del modello mettono in evidenza una situazione del tutto nuova rispetto ai due paesi analizzati in precedenza. In questo caso infatti la situazione può essere riepilogata come segue:

- il capitale pubblico presenta un coefficiente positivo e statisticamente non significativo;
- l'occupazione presenta un coefficiente negativo e statisticamente significativo;
- il capitale privato presenta un coefficiente negativo e statisticamente significativo al 10%.

Alla luce di quanto appena riportato, in Grecia, la dotazione di capitale pubblico non ha un ruolo rilevante con riferimento all'output produttivo e quindi rispetto alla crescita economica. Più importanti, secondo questo stesso fine, risultano invece essere le altre due variabili, occupazione e capitale privato.

Andando ad analizzare i coefficienti dell'equazione alla base del modello utilizzato, si evidenziano i seguenti risultati, riportati in tabella:

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.096918	0.021888	-4.427991	0.0001
C(2)	0.180208	0.115294	1.563035	0.1249
C(3)	0.143528	0.126621	1.133530	0.2629
C(4)	0.108404	0.224949	0.481907	0.6322
C(5)	0.124575	0.225318	0.552885	0.5830
C(6)	-0.137674	0.361117	-0.381245	0.7048
C(7)	0.936194	0.324787	2.882490	0.0060
C(8)	-0.019874	0.036368	-0.546469	0.5874
C(9)	-0.072968	0.035789	-2.038821	0.0472
R-squared	0.653625	Mean dependent var		0.023640
Adjusted R-squared	0.593386	S.D. dependent var		0.044013
S.E. of regression	0.028066	Akaike info criterion		-4.159953
Sum squared resid	0.036234	Schwarz criterion		-3.831481
Log likelihood	123.3987	Hannan-Quinn criter.		-4.032930
Durbin-Watson stat	1.913678			

Tabella 27 – Analisi dei coefficienti Grecia

In questo caso come nei paesi analizzati in precedenza, il coefficiente C(1) è negativo ed allo stesso tempo non è statisticamente significativo. Questo porta all'esclusione di una possibile relazione di causalità delle tre variabili considerate, stock di capitale pubblico, occupazione e capitale privato rispetto all'output produttivo, almeno per quanto riguarda il lungo periodo.

Andando ad analizzarli singolarmente attraverso l'ausilio del test di Granger è possibile concludere quanto segue:

Pairwise Granger Causality Tests
Sample: 1960 2017
Lags: 2

Null Hypothesis:	F-Statistic	Prob.
LNGFCF does not Granger Cause LNPIL	0.04877	0.9524
LNPIL does not Granger Cause LNGFCF	3.28591	0.0455
LNGFCF does not Granger Cause LNOCCUPAZIONE	2.91974	0.0630
LNOCCUPAZIONE does not Granger Cause LNGFCF	0.11044	0.8957
LNGFCF does not Granger Cause LNCAPITALE_PRIVATO	0.09102	0.9131
LNCAPITALE_PRIVATO does not Granger Cause LNGFCF	0.34723	0.7083

Tabella 28 – Granger causality Grecia

In questo caso è possibile notare come sia l'output produttivo a causare una variazione della dotazione di capitale pubblico, mentre non è verificata l'ipotesi inversa. Ciò conferma indirettamente i risultati ottenuti attraverso la stima del

VECM applicato. Di conseguenza i risultati sono assolutamente compatibili ed in linea con le aspettative circa una non significatività dello stock di capitale pubblico ai fini del modello applicato.

Ad ogni modo può risultare utile verificare questa stessa relazione di causalità nel breve periodo, allo scopo di verificare se il capitale pubblico giochi oppure no un ruolo rispetto alla crescita economica su un orizzonte temporale più ristretto. I risultati sono riportati nelle tabelle che seguono.

Test Statistic	Value	df	Probability
LNGFCF			
F-statistic	10.21419	(2, 46)	0.0002
Chi-square	20.42839	2	0.0000
Null Hypothesis: C(6)=C(7)=0			
Null Hypothesis Summary:			
Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.	
C(6)	-0.137674	0.361117	
C(7)	0.936194	0.324787	
Test Statistic	Value	df	Probability
LNOCCUPAZIONE			
F-statistic	0.552581	(2, 46)	0.5792
Chi-square	1.105163	2	0.5755
Null Hypothesis: C(4)=C(5)=0			
Null Hypothesis Summary:			
Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.	
C(4)	0.108404	0.224949	
C(5)	0.124575	0.225318	
Test Statistic	Value	df	Probability
LNCAPITALE_PRI VATO			
F-statistic	2.641361	(2, 46)	0.0821
Chi-square	5.282722	2	0.0713
Null Hypothesis: C(8)=C(9)=0			
Null Hypothesis Summary:			
Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.	
C(8)	-0.019874	0.036368	
C(9)	-0.072968	0.035789	

VEC Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Sample: 1960 2017

Included observations: 55

Dependent variable: D(LNPIL)			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNOCCUPAZIONE)	1.105163	2	0.5755
D(LNGFCF)	20.42839	2	0.0000
D(LNCAPITALE_PRIVATO)	5.282722	2	0.0713
All	21.04781	6	0.0018

Tabella 29 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Grecia

Questi ultimi mettono in evidenza che esiste, con riferimento al breve periodo, una relazione di causalità dello stock di capitale pubblico rispetto all'output produttivo. La stessa affermazione può essere fatta per il capitale privato, ma non per l'occupazione.

Riguardo la validità statistica del modello invece i test propongono le seguenti evidenze:

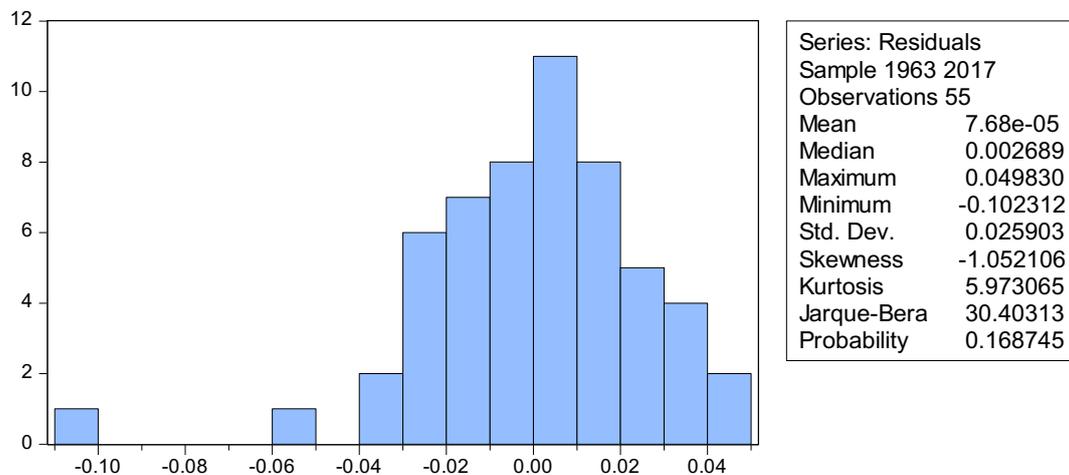


Tabella 30 – Test di normalità Grecia

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

F-statistic	1.308365	Prob. F(12,42)	0.2500
Obs*R-squared	14.96560	Prob. Chi-Square(12)	0.2433
Scaled explained SS	25.96408	Prob. Chi-Square(12)	0.0109

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Sample: 1963 2017

Included observations: 55

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.026602	0.046560	-0.571351	0.5708
LNPIL(-1)	-0.000234	0.006349	-0.036787	0.9708
LNOCCUPAZIONE(-1)	-0.002982	0.013029	-0.228896	0.8201
LNGFCF(-1)	0.033622	0.020979	1.602620	0.1165
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	0.001995	0.001968	1.013626	0.3166
LNPIL(-2)	0.007075	0.010009	0.706850	0.4836
LNPIL(-3)	-0.004103	0.006828	-0.600978	0.5511
LNOCCUPAZIONE(-2)	-0.000363	0.021148	-0.017147	0.9864
LNOCCUPAZIONE(-3)	0.005680	0.013205	0.430089	0.6693
LNGFCF(-2)	-0.028632	0.033622	-0.851569	0.3993
LNGFCF(-3)	-0.005992	0.019277	-0.310825	0.7575
LNCAPITALE_PRIVATO(-2)	-0.001499	0.002936	-0.510663	0.6123
LNCAPITALE_PRIVATO(-3)	-0.000689	0.002159	-0.319204	0.7512
R-squared	0.272102	Mean dependent var		0.000659
Adjusted R-squared	0.064131	S.D. dependent var		0.001481
S.E. of regression	0.001433	Akaike info criterion		-10.05571
Sum squared resid	8.62E-05	Schwarz criterion		-9.581245
Log likelihood	289.5319	Hannan-Quinn criter.		-9.872228
F-statistic	1.308365	Durbin-Watson stat		2.369935
Prob(F-statistic)	0.250000			

Tabella 31 – Test di eteroschedasticità Grecia

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	1.120812	Prob. F(2,44)	0.3351
Obs*R-squared	2.665729	Prob. Chi-Square(2)	0.2637

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Sample: 1963 2017

Included observations: 55

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.005517	0.025187	0.219031	0.8276
C(2)	-0.132007	0.182859	-0.721905	0.4742
C(3)	0.174926	0.172046	1.016739	0.3148
C(4)	0.127585	0.241816	0.527614	0.6004
C(5)	-0.099247	0.237582	-0.417739	0.6782
C(6)	0.135687	0.372703	0.364061	0.7176
C(7)	-0.192667	0.379352	-0.507883	0.6141
C(8)	0.002779	0.037395	0.074319	0.9411
C(9)	0.006102	0.036034	0.169350	0.8663
RESID(-1)	0.175104	0.247059	0.708751	0.4822
RESID(-2)	-0.363175	0.256058	-1.418329	0.1631
R-squared	0.048468	Mean dependent var		7.68E-05
Adjusted R-squared	-0.167790	S.D. dependent var		0.025903
S.E. of regression	0.027992	Akaike info criterion		-4.136917
Sum squared resid	0.034477	Schwarz criterion		-3.735450
Log likelihood	124.7652	Hannan-Quinn criter.		-3.981666
Durbin-Watson stat	2.057630			

Tabella 32 – Test di autocorrelazione Grecia

Cercando di sintetizzare la situazione della Grecia, è possibile affermare che il ruolo della dotazione di capitale pubblico rispetto all'output produttivo, è verificato solamente nel breve periodo. Al contrario con riferimento al lungo periodo, il ruolo di quest'ultimo non è significativo, mentre ben più rilevanti risultano essere l'occupazione e il capitale privato. L'unica variabile del modello che riveste importanza su entrambi gli orizzonti temporali è rappresentata dal capitale privato.

In conclusione vale la pena ricordare che, come per i paesi precedenti, è stata verificata la validità statistica del modello attraverso i test di normalità, eteroschedasticità ed autocorrelazione.

IRLANDA

Nella tabella che segue vengono presentate le stime del VECM

Vector Error Correction Estimates
 Sample (adjusted): 1973 2017
 Included observations: 45 after adjustments
 Standard errors in () & t-statistics in []

Cointegration Restrictions:

B(1,1)=1, A(2,1)=0, A(3,1)=0, A(4,1)=0
 Convergence achieved after 47 iterations.
 Restrictions identify all cointegrating vectors
 LR test for binding restrictions (rank = 1):
 Chi-square(3) 12.99283
 Probability 0.004652

Cointegrating Eq:	CointEq1
LNPIL(-1)	1.000000
LNOCCUPAZIONE(-1)	-0.717295 (0.17018) [-4.21487]
LNGFCF(-1)	0.253026 (0.33989) [0.74443]
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	-0.215890 (0.03784) [-5.70531]

Error Correction:	D(LNPIL)	D(LNOCCUPAZIONE)	D(LNGFCF)	D(LNCAPITALE_PRIVATO)
CointEq1	0.187167 (0.03700) [5.05867]	0.000000 (0.00000) [NA]	0.000000 (0.00000) [NA]	0.000000 (0.00000) [NA]
D(LNPIL(-1))	-0.156772 (0.17385) [-0.90176]	-0.030472 (0.10751) [-0.28342]	0.034073 (0.03479) [0.97926]	1.322055 (0.66185) [1.99751]
D(LNPIL(-2))	-0.509230 (0.18933) [-2.68969]	-0.216909 (0.11708) [-1.85261]	0.029638 (0.03789) [0.78218]	-1.689540 (0.72077) [-2.34409]
D(LNOCCUPAZIONE(-1))	-0.074662 (0.27140) [-0.27509]	0.285727 (0.16784) [1.70236]	0.029945 (0.05432) [0.55129]	0.416007 (1.03324) [0.40262]
D(LNOCCUPAZIONE(-2))	0.201851 (0.21602) [0.93441]	0.088534 (0.13359) [0.66273]	0.005007 (0.04323) [0.11581]	-0.732987 (0.82239) [-0.89129]
D(LNGFCF(-1))	0.289273 (0.76358) [0.37884]	-0.235074 (0.47221) [-0.49781]	1.181738 (0.15282) [7.73271]	2.149480 (2.90697) [0.73942]
D(LNGFCF(-2))	0.716711	0.167225	-0.312077	-1.021456

	(0.73550)	(0.45484)	(0.14720)	(2.80004)
	[0.97446]	[0.36765]	[-2.12006]	[-0.36480]
D(LNCAPITALE_PRIVATO (-1))	0.039969	0.118739	-0.008540	0.524021
	(0.04599)	(0.02844)	(0.00920)	(0.17507)
	[0.86914]	[4.17527]	[-0.92789]	[2.99320]
D(LNCAPITALE_PRIVATO (-2))	0.009570	0.006916	0.013552	0.038919
	(0.05610)	(0.03469)	(0.01123)	(0.21358)
	[0.17057]	[0.19935]	[1.20701]	[0.18222]
R-squared	0.256908	0.636759	0.906628	0.514583
Adj. R-squared	0.091777	0.556038	0.885878	0.406712
Sum sq. resids	0.037127	0.014199	0.001487	0.538090
S.E. equation	0.032114	0.019860	0.006427	0.122258
F-statistic	1.555779	7.888457	43.69412	4.770378
Log likelihood	95.89950	117.5262	168.2929	35.74160
Akaike AIC	-3.862200	-4.823388	-7.079685	-1.188516
Schwarz SC	-3.500867	-4.462055	-6.718353	-0.827183
Mean dependent	0.033130	0.015222	0.022120	0.088284
S.D. dependent	0.033697	0.029806	0.019026	0.158724
Determinant resid covariance (dof adj.)		2.11E-13		
Determinant resid covariance		8.63E-14		
Log likelihood		417.1076		
Akaike information criterion		-16.76034		
Schwarz criterion		-15.15442		

Tabella 33 – Estimation output Irlanda

Per quanto riguarda l'Irlanda, le stime del modello mettono in evidenza una situazione simile a quella vista in precedenza per la Grecia. Quest'ultima può essere riepilogata come segue:

- il capitale pubblico presenta un coefficiente positivo e statisticamente non significativo;
- l'occupazione e il capitale privato presentano un coefficiente negativo e statisticamente significativo;

Alla luce di quanto appena riportato, in Irlanda, la dotazione di capitale pubblico non ha un ruolo rilevante con riferimento all'output produttivo e quindi rispetto alla crescita economica. Più importanti, secondo questo stesso fine, risultano invece essere le altre due variabili, occupazione e capitale privato.

Andando ad analizzare i coefficienti dell'equazione alla base del modello utilizzato, i risultati sono sintetizzati nella tabella che segue:

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.172067	0.039038	4.407730	0.0001
C(2)	-0.156772	0.173851	-0.901761	0.3732
C(3)	-0.509230	0.189326	-2.689692	0.0108
C(4)	-0.074662	0.271405	-0.275093	0.7848
C(5)	0.201851	0.216020	0.934405	0.3563
C(6)	0.289273	0.763585	0.378836	0.7070
C(7)	0.716711	0.735498	0.974457	0.3363
C(8)	0.039969	0.045986	0.869144	0.3905
C(9)	0.009570	0.056101	0.170575	0.8655
R-squared	0.256908	Mean dependent var		0.033130
Adjusted R-squared	0.091777	S.D. dependent var		0.033697
S.E. of regression	0.032114	Akaike info criterion		-3.862200
Sum squared resid	0.037127	Schwarz criterion		-3.500867
Log likelihood	95.89950	Hannan-Quinn criter.		-3.727499
Durbin-Watson stat	2.180199			

Tabella 34 – Analisi dei coefficienti Irlanda

Si osserva che il coefficiente C(1) è positivo ed allo stesso tempo non è statisticamente significativo. Questo porta all'esclusione di una possibile relazione di causalità delle tre variabili considerate, stock di capitale pubblico, occupazione e capitale privato rispetto all'output produttivo, almeno per quanto riguarda il lungo periodo.

Andando ad analizzarle singolarmente attraverso l'ausilio del test di Granger è possibile concludere quanto segue:

Pairwise Granger Causality Tests
Sample: 1970 2017
Lags: 2

Null Hypothesis:	F-Statistic	Prob.
LNGFCF does not Granger Cause LNPIL	0.09251	0.9118
LNPIL does not Granger Cause LNGFCF	4.65942	0.0150
LNGFCF does not Granger Cause LNOCCUPAZIONE	1.13390	0.3317
LNOCCUPAZIONE does not Granger Cause LNGFCF	6.70603	0.0030
LNGFCF does not Granger Cause LNCAPITALE_PRIVATO	1.35781	0.2685
LNCAPITALE_PRIVATO does not Granger Cause LNGFCF	5.87933	0.0057

Tabella 35 – Granger causality Irlanda

In questo caso è possibile notare come sia l'output produttivo a causare una variazione della dotazione di capitale pubblico, mentre non è verificata l'ipotesi inversa. Ciò conferma indirettamente i risultati ottenuti attraverso la stima del

VECM applicato. Di conseguenza i risultati sono assolutamente compatibili ed in linea con le aspettative circa una non significatività dello stock di capitale pubblico ai fini del modello applicato.

Ad ogni modo può risultare utile verificare questa stessa relazione di causalità nel breve periodo, allo scopo di verificare se il capitale pubblico giochi oppure no un ruolo rispetto alla crescita economica su un orizzonte temporale più ristretto.

I risultati sono riportati nelle tabelle che seguono.

Test Statistic LNGFCF	Value	df	Probability
F-statistic	9.267233	(2, 36)	0.0006
Chi-square	18.53447	2	0.0001

Null Hypothesis: C(6)=C(7)=0
Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(6)	0.289273	0.763585
C(7)	0.716711	0.735498

Test Statistic LNOCCUPAZIONE	Value	df	Probability
F-statistic	0.442004	(2, 36)	0.6462
Chi-square	0.884007	2	0.6427

Null Hypothesis: C(4)=C(5)=0
Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(4)	-0.074662	0.271405
C(5)	0.201851	0.216020

Test Statistic LNCAPITALE_PRI VATO	Value	df	Probability
F-statistic	0.440542	(2, 36)	0.6471
Chi-square	0.881085	2	0.6437

Null Hypothesis: C(8)=C(9)=0
Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(8)	0.039969	0.045986
C(9)	0.009570	0.056101

VEC Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Sample: 1970 2017

Included observations: 45

Dependent variable: D(LNPIL)

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNOCCUPA ZIONE)	0.884007	2	0.6427
D(LNGFCF)	18.53447	2	0.0001
D(LNCAPITAL E_PRIVATO)	0.881085	2	0.6437
All	23.22434	6	0.0007

Tabella 36 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Irlanda

Questi ultimi mettono in evidenza che esiste, con riferimento al breve periodo, una relazione di causalità dello stock di capitale pubblico rispetto all'output produttivo. La stessa affermazione può essere fatta per il capitale privato, ma non per l'occupazione.

Riguardo la validità statistica del modello invece i test propongono le seguenti evidenze:

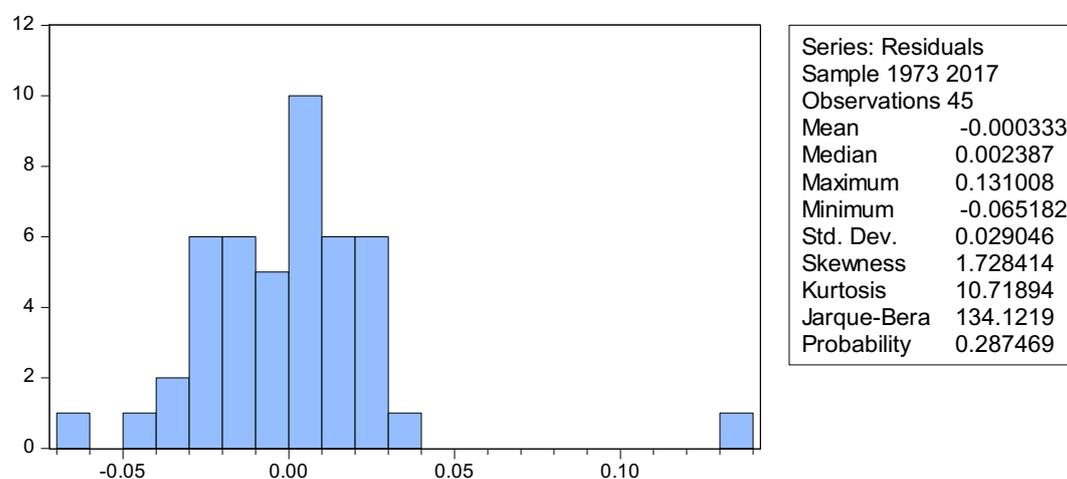


Tabella 37 – Test di normalità Irlanda

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

F-statistic	1.317281	Prob. F(12,32)	0.2569
Obs*R-squared	14.87912	Prob. Chi-Square(12)	0.2481
Scaled explained SS	45.88399	Prob. Chi-Square(12)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Sample: 1973 2017
 Included observations: 45

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.167315	0.080491	-2.078679	0.0457
LNPIL(-1)	-0.002577	0.012251	-0.210316	0.8348
LNOCCUPAZIONE(-1)	0.025097	0.026365	0.951877	0.3483
LNGFCF(-1)	0.061299	0.065398	0.937334	0.3556
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	0.001980	0.004346	0.455583	0.6518
LNPIL(-2)	-0.018222	0.017855	-1.020556	0.3151
LNPIL(-3)	0.022326	0.015834	1.409984	0.1682
LNOCCUPAZIONE(-2)	0.010843	0.032278	0.335922	0.7391
LNOCCUPAZIONE(-3)	-0.025846	0.021769	-1.187307	0.2438
LNGFCF(-2)	-0.030632	0.123481	-0.248073	0.8057
LNGFCF(-3)	-0.008874	0.069021	-0.128573	0.8985
LNCAPITALE_PRIVATO(-2)	-0.010857	0.006469	-1.678348	0.1030
LNCAPITALE_PRIVATO(-3)	0.001753	0.004451	0.393779	0.6964
R-squared	0.330647	Mean dependent var		0.000825
Adjusted R-squared	0.079640	S.D. dependent var		0.002590
S.E. of regression	0.002485	Akaike info criterion		-8.920352
Sum squared resid	0.000198	Schwarz criterion		-8.398427
Log likelihood	213.7079	Hannan-Quinn criter.		-8.725784
F-statistic	1.317281	Durbin-Watson stat		2.714991
Prob(F-statistic)	0.256948			

Tabella 38 – Test di eteroschedasticità Irlanda

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	4.703103	Prob. F(2,34)	0.6157
Obs*R-squared	9.746857	Prob. Chi-Square(2)	0.6076

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Sample: 1973 2017

Included observations: 45

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.131561	0.057885	-2.272808	0.0295
C(2)	0.595762	0.395379	1.506813	0.1411
C(3)	0.823643	0.356294	2.311697	0.0270
C(4)	-0.323184	0.271192	-1.191719	0.2416
C(5)	-0.051059	0.200395	-0.254792	0.8004
C(6)	0.587928	0.723503	0.812614	0.4221
C(7)	-1.407008	0.827666	-1.699970	0.0983
C(8)	-0.014299	0.042420	-0.337075	0.7381
C(9)	-0.016547	0.051519	-0.321182	0.7500
RESID(-1)	-0.747758	0.409557	-1.825773	0.0767
RESID(-2)	-0.915153	0.370223	-2.471900	0.0186
R-squared	0.216597	Mean dependent var		-0.000333
Adjusted R-squared	-0.013816	S.D. dependent var		0.029046
S.E. of regression	0.029246	Akaike info criterion		-4.017553
Sum squared resid	0.029081	Schwarz criterion		-3.575924
Log likelihood	101.3949	Hannan-Quinn criter.		-3.852918
Durbin-Watson stat	1.984415			

Tabella 39 – Test di autocorrelazione Irlanda

Cercando di sintetizzare la situazione dell'Irlanda, è possibile affermare che il ruolo della dotazione di capitale pubblico rispetto all'output produttivo, è verificato solamente nel breve periodo. Al contrario con riferimento al lungo periodo, il ruolo di quest'ultimo non è significativo, mentre ben più rilevanti risultano essere l'occupazione e il capitale privato. L'unica variabile del modello che riveste importanza su entrambi gli orizzonti temporali è rappresentata dal capitale privato.

In conclusione vale la pena ricordare che, come per i paesi precedenti, è stata verificata la validità statistica del modello attraverso i test di normalità, eteroschedasticità ed autocorrelazione.

ITALIA

Nella tabella che segue vengono presentate le stime del VECM

Vector Error Correction Estimates
 Sample (adjusted): 1972 2017
 Included observations: 46 after adjustments
 Standard errors in () & t-statistics in []

Cointegration Restrictions:

$B(1,1)=1$, $A(2,1)=0$, $A(3,1)=0$, $A(4,1)=0$
 Convergence achieved after 392 iterations.
 Restrictions identify all cointegrating vectors
 LR test for binding restrictions (rank = 1):
 Chi-square(3) 34.12565
 Probability 0.000000

Cointegrating Eq:	CointEq1
LNPI(-1)	1.000000
LNOCCUPAZIONE(-1)	1.710224 (2.38818) [0.71612]
LNGFCF(-1)	-4.952539 (1.99362) [-2.48419]
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	0.381856 (0.26587) [-1.43627]
@TREND(70)	0.082523 (0.03587) [2.30066]
C	6.875913

Error Correction:	D(LNPI)	D(LNOCCUPAZIONE)	D(LNGFCF)	D(LNCAPITALE_PRIVATO)
CointEq1	-0.040434 (0.00752) [-5.37873]	0.000000 (0.00000) [NA]	0.000000 (0.00000) [NA]	0.000000 (0.00000) [NA]
D(LNPI(-1))	-0.079487 (0.14520) [-0.54742]	0.228120 (0.10403) [2.19287]	-0.253261 (0.11289) [-2.24335]	0.985593 (0.79674) [1.23703]
D(LNOCCUPAZIONE(-1))	-0.067401 (0.28887) [-0.23333]	0.211681 (0.20695) [1.02284]	-0.343560 (0.22459) [-1.52971]	-0.815621 (1.58504) [-0.51457]
D(LNGFCF(-1))	0.009020 (0.18232) [0.04947]	0.044665 (0.13062) [0.34195]	0.402322 (0.14175) [2.83822]	0.635276 (1.00040) [0.63502]
D(LNCAPITALE_PRIVATO(-1))	-0.071238	0.021530	0.098872	0.316066

	(0.03902)	(0.02795)	(0.03034)	(0.21410)
	[-1.82574]	[0.77020]	[3.25917]	[1.47627]
C	0.018871	-0.001563	0.011676	0.020366
	(0.00512)	(0.00367)	(0.00398)	(0.02811)
	[3.68325]	[-0.42570]	[2.93106]	[0.72443]
R-squared	0.593901	0.303006	0.443499	0.454454
Adj. R-squared	0.543139	0.215882	0.373937	0.386261
Sum sq. resids	0.005484	0.002815	0.003315	0.165105
S.E. equation	0.011709	0.008388	0.009103	0.064247
F-statistic	11.69963	3.477866	6.375548	6.664207
Log likelihood	142.5246	157.8645	154.1023	64.21451
Akaike AIC	-5.935853	-6.602806	-6.439231	-2.531066
Schwarz SC	-5.697334	-6.364287	-6.200713	-2.292547
Mean dependent	0.013129	0.004863	0.022168	0.064591
S.D. dependent	0.017323	0.009473	0.011505	0.082008
Determinant resid covariance (dof adj.)		1.07E-15		
Determinant resid covariance		6.10E-16		
Log likelihood		536.5758		
Akaike information criterion		-22.06851		
Schwarz criterion		-20.91567		

Tabella 40 – Estimation output Italia

Per quanto riguarda il nostro paese, le stime del modello mettono in evidenza che i coefficienti dello stock di capitale pubblico e del capitale privato sono negativi e statisticamente significativi. È ad ogni modo importante sottolineare come quello relativo al capitale privato lo sia al 10%.

Al contrario il t-statistico afferente all'occupazione è positivo e statisticamente non significativo. In base a queste risultanze è possibile constatare l'importanza della dotazione di capitale pubblico e del capitale privato per la crescita economica del paese. Al contrario è sicuramente meno rilevante, se non addirittura marginale, il ruolo ricoperto dall'occupazione.

Con riferimento all'analisi dei coefficienti e alle conclusioni che da essa possono essere tratte, è sicuramente utile la tabella di sintesi proposta di seguito.

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.047741	0.009377	-5.091087	0.0000
C(2)	-0.079487	0.145204	-0.547419	0.5871
C(3)	-0.067401	0.288869	-0.233326	0.8167
C(4)	0.009020	0.182320	0.049474	0.9608
C(5)	-0.071238	0.039019	-1.825743	0.0754
R-squared	0.593901	Mean dependent var		0.013129
Adjusted R-squared	0.543139	S.D. dependent var		0.017323
S.E. of regression	0.011709	Akaike info criterion		-5.935853

Sum squared resid	0.005484	Schwarz criterion	-5.697334
Log likelihood	142.5246	Hannan-Quinn criter.	-5.846502
F-statistic	11.69963	Durbin-Watson stat	2.116559
Prob(F-statistic)	0.000001		

Tabella 41 – Analisi dei coefficienti Italia

Il coefficiente di lungo periodo C(1) è negativo ma non statisticamente significativo. In via del tutto analoga a quanto visto per alcuni dei paesi precedenti (cfr. Francia e Germania), ciò significa, che le tre variabili, dotazione di capitale pubblico, occupazione e capitale privato, considerate unitamente, non causano nel lungo periodo, variazioni dell'output produttivo.

Allo scopo di verificare il comportamento di ogni variabile, considerata singolarmente, si è proceduto all'utilizzo del test di Granger, i cui risultati sono esposti nella tabella seguente.

Pairwise Granger Causality Tests
Sample: 1970 2017
Lags: 1

Null Hypothesis:	F-Statistic	Prob.
LNGFCF does not Granger Cause LNPIL	0.09195	0.0031
LNPIL does not Granger Cause LNGFCF	1.40391	0.2424
LNGFCF does not Granger Cause LNOCCUPAZIONE	1.31098	0.2584
LNOCCUPAZIONE does not Granger Cause LNGFCF	7.28398	0.0098
LNGFCF does not Granger Cause LNCAPITALE_PRIVATO	1.90781	0.1742
LNCAPITALE_PRIVATO does not Granger Cause LNGFCF	1.39563	0.2438

Tabella 42 – Granger causality Italia

Il test mette in evidenza come in realtà, variazioni nella dotazione del capitale pubblico causino variazioni dell'output produttivo, ma non viceversa. Di conseguenza, è possibile escludere una situazione tale per cui si verifichi una relazione di causalità inversa, ovvero quella in cui siano le variazioni dell'output produttivo a causare delle variazioni nella dotazione del capitale privato.

Visto che la metodologia utilizzata, consente di svolgere anche un'analisi di breve periodo, si è proceduto ad analizzare anche la relazione di causalità con riferimento a quest'orizzonte temporale più ristretto.

Test Statistic	Value	df	Probability
LNGFCF			
t-statistic	0.049474	40	0.9608
F-statistic	0.002448	(1, 40)	0.9608
Chi-square	0.002448	1	0.9605

Null Hypothesis: C(4)=0

Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(4)	0.009020	0.182320

Test Statistic	Value	df	Probability
LNOCCUPAZIONE			
t-statistic	-0.233326	40	0.8167
F-statistic	0.054441	(1, 40)	0.8167
Chi-square	0.054441	1	0.8155

Null Hypothesis: C(3)=0

Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(3)	-0.067401	0.288869

Test Statistic	Value	df	Probability
LNCAPITALE_PRI VATO			
t-statistic	-1.825743	40	0.0754
F-statistic	3.333338	(1, 40)	0.0754
Chi-square	3.333338	1	0.0679

Null Hypothesis: C(5)=0

Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(5)	-0.071238	0.039019

VEC Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Sample: 1970 2017

Included observations: 46

Dependent variable: D(LNPIL)

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNOCCUPAZIONE)	0.054441	1	0.8155
D(LNGFCF)	0.002448	1	0.9605
D(LNCAPITALE_PRIVATO)	3.333338	1	0.0679
All	9.197176	3	0.0268

Tabella 43 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Italia

I risultati mettono in evidenza che è possibile ipotizzare una relazione di causalità di breve periodo solo per il capitale privato rispetto all'output produttivo, mentre questa stessa relazione non è presente per le altre due variabili ossia la dotazione di capitale pubblico e l'occupazione.

Con riferimento ai test volti a verificare la validità statistica del modello è possibile affermare quanto segue.

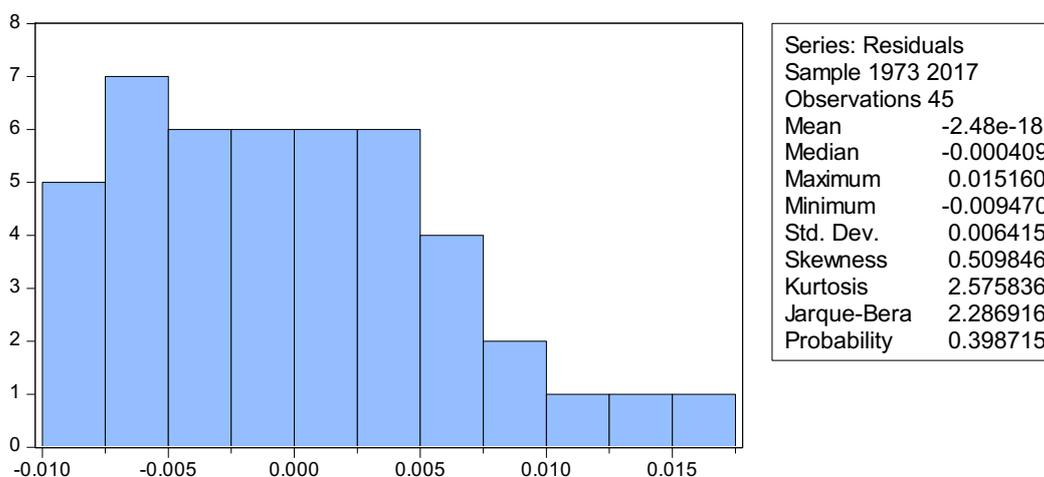


Tabella 44 – Test di normalità Italia

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

F-statistic	1.052204	Prob. F(8,37)	0.4165
Obs*R-squared	8.525568	Prob. Chi-Square(8)	0.3839
Scaled explained SS	8.985309	Prob. Chi-Square(8)	0.3435

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Sample: 1972 2017

Included observations: 46

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.015071	0.013432	-1.122036	0.2691
LNPIL(-1)	-0.001018	0.002604	-0.390913	0.6981
LNOCCUPAZIONE(-1)	0.004559	0.005521	0.825824	0.4142
LNGFCF(-1)	-0.000597	0.004194	-0.142312	0.8876
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	0.000171	0.000789	0.216177	0.8300
LNPIL(-2)	0.001477	0.002739	0.539349	0.5929
LNOCCUPAZIONE(-2)	-0.003075	0.005543	-0.554830	0.5823
LNGFCF(-2)	0.000374	0.004103	0.091093	0.9279
LNCAPITALE_PRIVATO(-2)	-0.000357	0.000836	-0.427176	0.6717

R-squared	0.185338	Mean dependent var	0.000119
Adjusted R-squared	0.009195	S.D. dependent var	0.000201
S.E. of regression	0.000200	Akaike info criterion	-14.01981

Sum squared resid	1.48E-06	Schwarz criterion	-13.66203
Log likelihood	331.4556	Hannan-Quinn criter.	-13.88578
F-statistic	1.052204	Durbin-Watson stat	1.947226
Prob(F-statistic)	0.416473		

Tabella 45 – Test di eteroschedasticità Italia

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	1.290202	Prob. F(1,39)	0.2629
Obs*R-squared	1.473046	Prob. Chi-Square(1)	0.2249

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Sample: 1972 2017

Included observations: 46

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.014991	0.016170	0.927056	0.3596
C(2)	0.329979	0.324541	1.016756	0.3155
C(3)	0.077498	0.295802	0.261991	0.7947
C(4)	0.140265	0.219659	0.638556	0.5268
C(5)	0.005644	0.039194	0.144014	0.8862
C(6)	-0.008415	0.008997	-0.935324	0.3554
RESID(-1)	-0.482462	0.424751	-1.135871	0.2629
R-squared	0.032023	Mean dependent var		4.79E-18
Adjusted R-squared	-0.116897	S.D. dependent var		0.011039
S.E. of regression	0.011667	Akaike info criterion		-5.924921
Sum squared resid	0.005308	Schwarz criterion		-5.646650
Log likelihood	143.2732	Hannan-Quinn criter.		-5.820679
F-statistic	0.215034	Durbin-Watson stat		1.923159
Prob(F-statistic)	0.969797			

Tabella 46 – Test di autocorrelazione Italia

Per quanto riguarda l'Italia, è possibile notare, come anche in questo caso, lo stock di capitale pubblico rappresenta una variabile significativa per la crescita del sistema economico.

È tuttavia necessario aggiungere che quanto appena detto è verificato nel solo lungo periodo, ma non nel breve periodo. Ciò parrebbe compatibile con il quadro teorico di riferimento, tale per cui gli investimenti manifestano la loro utilità economica nel medio-lungo termine. Tra le altre variabili, l'unica che risulta significativa ai fini del modello utilizzato è il capitale privato, il quale invece riveste un ruolo di primo piano con riferimento ad entrambi gli orizzonti temporali.

Concludendo, anche in questo caso risulta essere verificata la validità statistica del modello a seguito dei risultati ottenuti tramite i test di normalità, eteroschedasticità e correlazione seriale dei residui.

PORTOGALLO

Nella tabella che segue vengono presentate le stime del VECM

Vector Error Correction Estimates
 Sample (adjusted): 1962 2017
 Included observations: 56 after adjustments
 Standard errors in () & t-statistics in []

Cointegration Restrictions:

B(1,1)=1, A(2,1)=0, A(3,1)=0, A(4,1)=0
 Convergence achieved after 35 iterations.
 Restrictions identify all cointegrating vectors
 LR test for binding restrictions (rank = 1):
 Chi-square(3) 5.221096
 Probability 0.156305

Cointegrating Eq:	CointEq1
LNPIL(-1)	1.000000
LNOCCUPAZIONE(-1)	-0.363300 (0.07337) [-4.95148]
LNGFCF(-1)	-0.189118 (0.14975) [-1.26291]
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	-0.127072 (0.05497) [-2.31164]

Error Correction:	D(LNPIL)	D(LNOCCUPAZIONE)	D(LNGFCF)	D(LNCAPITALE_PRIVATO)
CointEq1	-0.114487 (0.01710) [-6.69679]	0.000000 (0.00000) [NA]	0.000000 (0.00000) [NA]	0.000000 (0.00000) [NA]
D(LNPIL(-1))	0.131577 (0.12855) [1.02355]	0.024871 (0.10613) [0.23435]	0.329446 (0.21570) [1.52735]	1.552681 (0.67461) [2.30158]
D(LNOCCUPAZIONE(-1))	-0.101385 (0.17722) [-0.57210]	0.284422 (0.14631) [1.94397]	0.041602 (0.29736) [0.13990]	2.054001 (0.93002) [2.20856]
D(LNGFCF(-1))	-0.018383 (0.08306) [-0.22131]	0.061607 (0.06858) [0.89835]	0.260222 (0.13938) [1.86704]	0.375509 (0.43591) [0.86143]
D(LNCAPITALE_PRIVATO(-1))	0.049747 (0.02764) [1.79972]	0.019038 (0.02282) [0.83424]	0.032916 (0.04638) [0.70971]	0.162960 (0.14506) [1.12341]
R-squared	0.466095	0.154681	0.011157	0.241799
Adj. R-squared	0.424220	0.088382	-0.066399	0.182332
Sum sq. resids	0.022720	0.015486	0.063968	0.625723
S.E. equation	0.021107	0.017426	0.035416	0.110766

F-statistic	11.13066	2.333068	0.143859	4.066126
Log likelihood	139.2155	149.9478	110.2318	46.37701
Akaike AIC	-4.793410	-5.176708	-3.758278	-1.477750
Schwarz SC	-4.612575	-4.995873	-3.577443	-1.296915
Mean dependent	0.029726	0.003791	0.037968	0.073327
S.D. dependent	0.027816	0.018251	0.034295	0.122495
<hr/>				
Determinant resid covariance (dof adj.)	1.36E-12			
Determinant resid covariance	9.35E-13			
Log likelihood	455.4966			
Akaike information criterion	-15.41059			
Schwarz criterion	-14.54258			

Tabella 47 – Estimation output Portogallo

Dai risultati appena evidenziati è possibile concludere che mentre l'occupazione e il capitale privato presentano dei coefficienti negativi e statisticamente significativi al 5%, il coefficiente relativo allo stock di capitale pubblico è negativo, ma statisticamente significativo solamente al 10%. Questo porta alla conclusione che nel modello appena delineato per la crescita economica del paese, svolgono un ruolo più rilevante il capitale privato e l'occupazione rispetto alla dotazione di capitale pubblico.

L'analisi dei coefficienti dell'equazione alla base del modello utilizzato è riassunta nella seguente tabella:

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.111655	0.019516	-5.721177	0.0000
C(2)	0.131577	0.128549	1.023551	0.3109
C(3)	-0.101385	0.177217	-0.572096	0.5698
C(4)	-0.018383	0.083064	-0.221313	0.8257
C(5)	0.049747	0.027641	1.799724	0.0778
<hr/>				
R-squared	0.466095	Mean dependent var	0.029726	
Adjusted R-squared	0.424220	S.D. dependent var	0.027816	
S.E. of regression	0.021107	Akaike info criterion	-4.793410	
Sum squared resid	0.022720	Schwarz criterion	-4.612575	
Log likelihood	139.2155	Hannan-Quinn criter.	-4.723301	
Durbin-Watson stat	1.881315			

Tabella 48 – Analisi dei coefficienti Portogallo

Anche in questo caso il coefficiente C(1) è negativo, ma non statisticamente significativo, come già avvenuto per i paesi analizzati in precedenza. Questo significa che tra le variabili prese in considerazione (dotazione di capitale pubblico, occupazione e capitale privato) e la crescita economica (misurata in

termini di incremento dell'output produttivo) non vi è una relazione di causalità di lungo periodo.

Quanto appena detto trova conferma nei risultati ottenuti attraverso il test di Granger, esposti nella tabella di seguito.

Pairwise Granger Causality Tests
Sample: 1960 2017
Lags: 1

Null Hypothesis:	F-Statistic	Prob.
LNGFCF does not Granger Cause LNPIL	0.85621	0.3589
LNPIL does not Granger Cause LNGFCF	7.91211	0.0068
LNGFCF does not Granger Cause LNOCCUPAZIONE	4.03820	0.0495
LNOCCUPAZIONE does not Granger Cause LNGFCF	0.83089	0.3661
LNGFCF does not Granger Cause LNCAPITALE_PRIVATO	0.36203	0.5499
LNCAPITALE_PRIVATO does not Granger Cause LNGFCF	3.15793	0.0812

Tabella 49 – Granger causality Portogallo

Un risultato su cui vale la pena aprire una riflessione è rappresentato dal fatto che parrebbe esserci una relazione di causalità di lungo periodo tra l'output produttivo (PIL) e la dotazione di capitale pubblico. Ciò riporta alla luce le problematiche relative all'individuazione della relazione di causalità (inversa) che sono state evidenziate nella parte teorica dell'elaborato.

Per quanto riguarda il rapporto di causalità tra la dotazione di capitale pubblico e le altre due variabili è possibile sostenere che mentre è una variazione del capitale privato a causare una variazione nella dotazione del capitale pubblico e non viceversa, al contrario è una variazione nello stock di capitale pubblico a causare una variazione dell'occupazione e non viceversa.

Una sintesi dell'analisi della relazione di causalità con riferimento al breve periodo è proposta nelle seguenti tabelle.

Test Statistic	Value	df	Probability
LNGFCF			
t-statistic	-0.221313	51	0.8257
F-statistic	0.048980	(1, 51)	0.8257
Chi-square	0.048980	1	0.8248

Null Hypothesis: C(4)=0
Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
------------------------------	-------	-----------

C(4)	-0.018383	0.083064
Test Statistic		
LNOCCUPAZIONE	Value	df
t-statistic	-0.572096	51
F-statistic	0.327294	(1, 51)
Chi-square	0.327294	1
Null Hypothesis: C(3)=0		
Null Hypothesis Summary:		
Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(3)	-0.101385	0.177217
Test Statistic		
LNCAPITALE_PRI VATO	Value	df
t-statistic	1.799724	51
F-statistic	3.239005	(1, 51)
Chi-square	3.239005	1
Null Hypothesis: C(5)=0		
Null Hypothesis Summary:		
Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(5)	0.049747	0.027641
VEC Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests		
Sample: 1960 2017		
Included observations: 56		
Dependent variable: D(LNPIL)		
Excluded	Chi-sq	df
D(LNOCCUPAZIONE)	0.327294	1
D(LNGFCF)	0.048980	1
D(LNCAPITALE_PRIVATO)	3.239005	1
All	3.289522	3

Tabella 50 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Portogallo

Anche in questo caso, come già visto per l'Italia, i risultati mettono in evidenza che vi è una relazione di causalità di breve periodo solo per il capitale privato rispetto all'output produttivo, mentre questa stessa relazione non è presente per le altre due variabili ossia la dotazione di capitale pubblico e l'occupazione.

Con riferimento ai test svolti per verificare la validità statistica del modello è possibile affermare quanto segue.

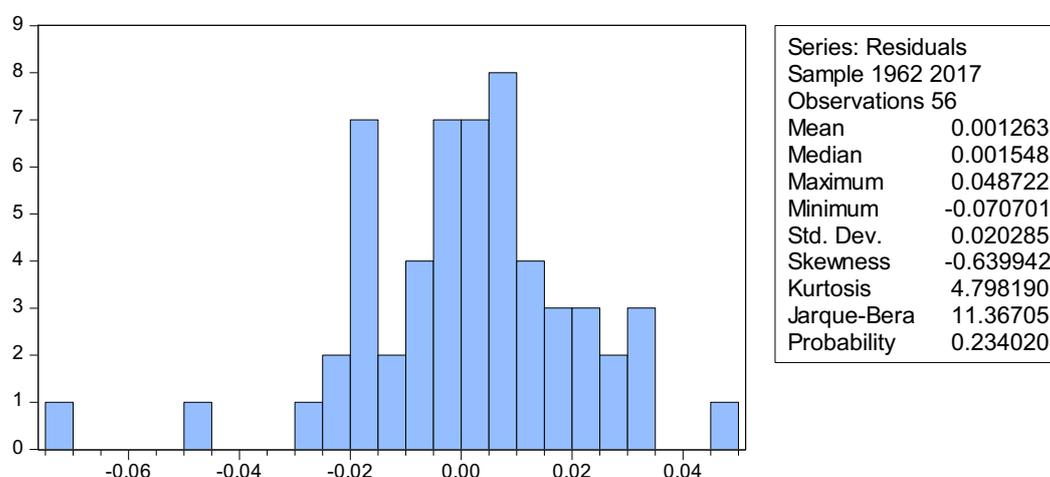


Tabella 51 – Test di normalità Portogallo

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

F-statistic	1.061134	Prob. F(8,47)	0.4060
Obs*R-squared	8.567234	Prob. Chi-Square(8)	0.3801
Scaled explained SS	12.87723	Prob. Chi-Square(8)	0.1161

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Sample: 1962 2017

Included observations: 56

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.032699	0.033640	-0.972046	0.3360
LNPI(-1)	0.003368	0.005275	0.638421	0.5263
LNOCCUPAZIONE(-1)	0.003402	0.006900	0.493010	0.6243
LNGFCF(-1)	-0.002570	0.003585	-0.717036	0.4769
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	-0.000453	0.001106	-0.409321	0.6842
LNPI(-2)	-0.000449	0.005310	-0.084614	0.9329
LNOCCUPAZIONE(-2)	-4.26E-05	0.006852	-0.006212	0.9951
LNGFCF(-2)	0.000796	0.003442	0.231351	0.8180
LNCAPITALE_PRIVATO(-2)	-6.29E-05	0.001129	-0.055719	0.9558
R-squared	0.152986	Mean dependent var	0.000406	
Adjusted R-squared	0.008814	S.D. dependent var	0.000779	
S.E. of regression	0.000776	Akaike info criterion	-11.33873	
Sum squared resid	2.83E-05	Schwarz criterion	-11.01323	
Log likelihood	326.4846	Hannan-Quinn criter.	-11.21254	
F-statistic	1.061134	Durbin-Watson stat	2.379857	
Prob(F-statistic)	0.405975			

Tabella 52 – Test di eteroschedasticità Portogallo

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	0.742615	Prob. F(1,50)	0.3929
Obs*R-squared	0.601768	Prob. Chi-Square(1)	0.4379

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Sample: 1962 2017

Included observations: 56

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.022936	0.033034	-0.694334	0.4907
C(2)	-0.173963	0.239501	-0.726356	0.4710
C(3)	0.010192	0.178059	0.057237	0.9546
C(4)	0.010585	0.084176	0.125752	0.9004
C(5)	-0.003920	0.028082	-0.139605	0.8895
RESID(-1)	0.252389	0.292879	0.861751	0.3929
R-squared	0.010746	Mean dependent var		0.001263
Adjusted R-squared	-0.088180	S.D. dependent var		0.020285
S.E. of regression	0.021160	Akaike info criterion		-4.772439
Sum squared resid	0.022388	Schwarz criterion		-4.555437
Log likelihood	139.6283	Hannan-Quinn criter.		-4.688308
Durbin-Watson stat	1.950728			

Tabella 53 – Test di autocorrelazione Portogallo

Cercando di sintetizzare, il Portogallo rappresenta finora, l'unico paese assieme alla Grecia e all'Irlanda, in cui la dotazione di capitale pubblico sembrerebbe non svolgere un ruolo particolarmente rilevante rispetto all'output produttivo e quindi alla crescita economica del sistema, a differenza dell'occupazione e del capitale privato.

Sempre con riferimento allo stock di capitale pubblico, non è verificata nemmeno una relazione di causalità rispetto all'output produttivo, sia per quanto riguarda il breve che per il lungo periodo. Al contrario, come evidenziato nelle pagine precedenti, è verificata una relazione di causalità dell'output produttivo rispetto allo stock di capitale pubblico.

Infine anche per questo paese è verificata la validità statistica del modello adottato, per il tramite dei già citati test di normalità eteroschedasticità e correlazione seriale.

REGNO UNITO

Nella tabella che segue vengono presentate le stime del VECM

Vector Error Correction Estimates
 Sample (adjusted): 1963 2017
 Included observations: 55 after adjustments
 Standard errors in () & t-statistics in []

Cointegration Restrictions:

B(1,1)=1, A(2,1)=0, A(3,1)=0, A(4,1)=0

Maximum iterations (500) reached.

Restrictions identify all cointegrating vectors

LR test for binding restrictions (rank = 1):

Chi-square(3) 11.99439

Probability 0.007402

Cointegrating Eq:	CointEq1
LNPIL(-1)	1.000000
LNOCCUPAZIONE(-1)	-38.68741 (13.1326) [-2.94591]
LNGFCF(-1)	-20.17341 (4.40516) [-4.57949]
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	0.974784 (0.99310) [-0.98156]
@TREND(60)	0.364170
C	494.6719

Error Correction:	D(LNPIL)	D(LNOCCUPAZIONE)	D(LNGFCF)	D(LNCAPITALE_PRIVATO)
CointEq1	0.008143 (0.00164) [4.95672]	0.000000 (0.00000) [NA]	0.000000 (0.00000) [NA]	0.000000 (0.00000) [NA]
D(LNPIL(-1))	-0.028120 (0.13936) [-0.20177]	0.169716 (0.11371) [1.49255]	-0.045859 (0.19146) [-0.23953]	0.455126 (0.69923) [0.65089]
D(LNPIL(-2))	-0.416814 (0.13378) [-3.11577]	0.052495 (0.10915) [0.48095]	0.234795 (0.18378) [1.27758]	-0.298976 (0.67120) [-0.44544]
D(LNOCCUPAZIONE(-1))	-0.450930 (0.21756) [-2.07269]	0.375897 (0.17751) [2.11764]	-0.202104 (0.29888) [-0.67621]	-0.039754 (1.09156) [-0.03642]
D(LNOCCUPAZIONE(-2))	-0.214365 (0.20932) [-1.02409]	-0.030297 (0.17079) [-0.17739]	0.523148 (0.28756) [1.81924]	-0.942235 (1.05023) [-0.89717]

D(LNGFCF(-1))	0.119228 (0.11057) [1.07827]	-0.003441 (0.09022) [-0.03814]	0.286828 (0.15191) [1.88820]	-0.294259 (0.55478) [-0.53040]
D(LNGFCF(-2))	0.207170 (0.11187) [1.85195]	0.087649 (0.09127) [0.96030]	0.072646 (0.15368) [0.47271]	0.181412 (0.56127) [0.32322]
D(LNCAPITALE_PRIVATO (-1))	0.033265 (0.04093) [0.81274]	0.058669 (0.03339) [1.75686]	0.044358 (0.05623) [0.78889]	0.356428 (0.20536) [1.73567]
D(LNCAPITALE_PRIVATO (-2))	0.065265 (0.03961) [1.64774]	-0.020514 (0.03232) [-0.63476]	-0.159829 (0.05441) [-2.93726]	0.002780 (0.19873) [0.01399]
C	0.022618 (0.01048) [2.15821]	-0.015690 (0.00855) [-1.83497]	0.029480 (0.01440) [2.04759]	0.081439 (0.05258) [1.54880]
@TREND(60)	-0.000144 (0.00021) [-0.67173]	0.000372 (0.00018) [2.12429]	-0.000566 (0.00030) [-1.91765]	-0.001263 (0.00108) [-1.17175]
R-squared	0.552982	0.503915	0.451206	0.412520
Adj. R-squared	0.451387	0.391169	0.326480	0.279002
Sum sq. resids	0.007849	0.005225	0.014814	0.197599
S.E. equation	0.013357	0.010898	0.018349	0.067014
F-statistic	5.443008	4.469452	3.617577	3.089616
Log likelihood	165.4611	176.6510	147.9943	76.75175
Akaike AIC	-5.616766	-6.023672	-4.981610	-2.390973
Schwarz SC	-5.215299	-5.622205	-4.580143	-1.989506
Mean dependent	0.018452	0.005115	0.016682	0.061254
S.D. dependent	0.018033	0.013966	0.022358	0.078922
Determinant resid covariance (dof adj.)		1.56E-14		
Determinant resid covariance		6.41E-15		
Log likelihood		580.8291		
Akaike information criterion		-19.37561		
Schwarz criterion		-17.62375		

Tabella 54 – Estimation output Regno Unito

Si nota come tutti i coefficienti siano negativi e statisticamente significativi. Tuttavia mentre quello relativo al capitale privato lo è al 20%, quelli riferiti all'occupazione e alla dotazione di capitale pubblico, lo sono addirittura all'1%. Per questo motivo ci si aspetta che le due variabili ed ancora di più lo stock di capitale pubblico (che come detto, presenta un t-statistico davvero rilevante), svolgano un ruolo estremamente significativo per la crescita economica del paese.

Per quanto concerne i coefficienti di lungo periodo, i principali risultati sono sintetizzati nella tabella che segue.

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.006295	0.001773	3.550790	0.0009
C(2)	-0.028120	0.139364	-0.201773	0.8410
C(3)	-0.416814	0.133776	-3.115769	0.0032
C(4)	-0.450930	0.217558	-2.072691	0.0441
C(5)	-0.214365	0.209321	-1.024095	0.3114
C(6)	0.119228	0.110573	1.078269	0.2868
C(7)	0.207170	0.111866	1.851952	0.0707
C(8)	0.033265	0.040929	0.812742	0.4207
C(9)	0.065265	0.039609	1.647738	0.1065
C(10)	0.022618	0.010480	2.158210	0.0364
C(11)	-0.000144	0.000215	-0.671726	0.5053
R-squared	0.552982	Mean dependent var		0.018452
Adjusted R-squared	0.451387	S.D. dependent var		0.018033
S.E. of regression	0.013357	Akaike info criterion		-5.616766
Sum squared resid	0.007849	Schwarz criterion		-5.215299
Log likelihood	165.4611	Hannan-Quinn criter.		-5.461515
F-statistic	5.443008	Durbin-Watson stat		2.085230
Prob(F-statistic)	0.000033			

Tabella 55 – Analisi dei coefficienti Regno Unito

Come già verificatosi per la stragrande maggioranza dei paesi analizzati, il coefficiente C(1) è negativo, ma non statisticamente significativo. Ciò testimonia che non esiste una relazione di lungo periodo tra le tre variabili considerate congiuntamente rispetto all'output produttivo e quindi rispetto alla crescita economica.

Il passaggio successivo consiste quindi nell'andare a verificare se queste ultime prese singolarmente, presentano invece una relazione di causalità secondo la definizione fornita da Granger. I risultati di questa analisi sono riportati nella tabella che segue.

Pairwise Granger Causality Tests
Sample: 1960 2017
Lags: 2

Null Hypothesis:	F-Statistic	Prob.
LNGFCF does not Granger Cause LNPIL	0.06813	0.0042
LNPIL does not Granger Cause LNGFCF	0.98805	0.3793
LNGFCF does not Granger Cause LNOCCUPAZIONE	0.78831	0.0201
LNOCCUPAZIONE does not Granger Cause LNGFCF	3.14876	0.0514
LNGFCF does not Granger Cause LNCAPITALE_PRIVATO	4.61526	0.0144
LNCAPITALE_PRIVATO does not Granger Cause LNGFCF	0.56834	0.5700

Tabella 56 – Granger causality Regno Unito

Un risultato importante e che vale la pena mettere in risalto, consiste nel fatto che sia una variazione dello stock di capitale pubblico a causare una variazione dell'output produttivo e non viceversa. Di conseguenza anche per il Regno Unito può essere esclusa la problematica relativa alla causalità inversa.

Con riferimento all'effetto del capitale pubblico sulle altre due variabili (occupazione e capitale privato) vale la pena sottolineare che è sempre una variazione nello stock di public capital a causare una variazione di queste ultime e non viceversa. Questo risultato rappresenta una conferma indiretta dell'elevato t-statistico ricavato in precedenza, a testimonianza del ruolo rilevante che il capitale pubblico gioca nel Regno Unito.

Riguardo il breve periodo, di seguito vengono esposti i principali risultati ottenuti attraverso l'analisi circa la causalità.

Test Statistic LNGFCF	Value	df	Probability
F-statistic	2.662905	(2, 44)	0.0510
Chi-square	5.325810	2	0.0497

Null Hypothesis: C(6)=C(7)=0
Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(6)	0.119228	0.110573
C(7)	0.207170	0.111866

Test Statistic LNOCCUPAZIONE	Value	df	Probability
F-statistic	5.081613	(2, 44)	0.0103
Chi-square	10.16323	2	0.0062

Null Hypothesis: C(4)=C(5)=0
Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(4)	-0.450930	0.217558
C(5)	-0.214365	0.209321

Test Statistic LNCAPITALE_PRI VATO	Value	df	Probability
F-statistic	1.961020	(2, 44)	0.1528
Chi-square	3.922040	2	0.1407

Null Hypothesis: C(8)=C(9)=0

Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(8)	0.033265	0.040929
C(9)	0.065265	0.039609

VEC Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Sample: 1960 2017

Included observations: 55

Dependent variable: D(LNPIL)			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNOCCUPAZIONE)	10.16323	2	0.0062
D(LNGFCF)	5.325810	2	0.0497
D(LNCAPITALE_PRIVATO)	3.922040	2	0.1407
All	12.90743	6	0.0445

Tabella 57 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Regno Unito

Questi ultimi mettono in evidenza una relazione di causalità di breve periodo tra la dotazione di capitale pubblico rispetto all'output produttivo e tra l'occupazione sempre riguardo l'output produttivo. Allo stesso tempo tuttavia tale relazione non è verificata con riferimento al capitale privato rispetto all'output produttivo, questo significa che nel breve periodo, variazioni del capitale privato non causano variazioni dell'output produttivo. Ciò potrebbe essere compatibile con la natura dell'utilità economica di un investimento, la quale, secondo le principali teorie economiche, si manifesta su un orizzonte temporale più ampio.

A questo punto non resta che verificare se da un punto di vista statistico il modello applicato al Regno Unito risulta essere valido oppure se al contrario emergono delle problematiche. Per fare questo vengono riproposti i test, già visti per gli altri paesi indagati e riguardanti la normalità, l'eteroschedasticità e l'autocorrelazione.

I risultati di questi ultimi vengono proposti nei grafici e tabelle di sintesi che seguono.

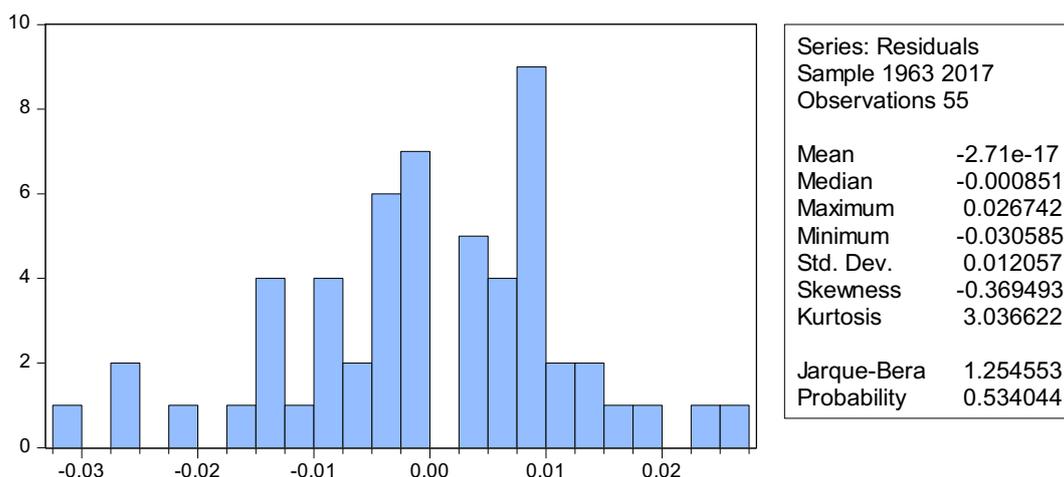


Tabella 58 – Test di normalità Regno Unito

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

F-statistic	2.556725	Prob. F(12,42)	0.7123
Obs*R-squared	23.21715	Prob. Chi-Square(12)	0.6259
Scaled explained SS	15.13105	Prob. Chi-Square(12)	0.2343

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 05/06/18 Time: 22:12

Sample: 1963 2017

Included observations: 55

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.003198	0.008612	-0.371360	0.7122
LNPIL(-1)	0.002423	0.001808	1.339678	0.1876
LNOCCUPAZIONE(-1)	0.004186	0.003259	1.284668	0.2059
LNGFCF(-1)	-0.001231	0.001606	-0.766627	0.4476
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	-0.001415	0.000588	-2.405697	0.0206
LNPIL(-2)	0.002338	0.002617	0.893553	0.3767
LNPIL(-3)	-0.004660	0.001950	-2.389838	0.0214
LNOCCUPAZIONE(-2)	-0.004848	0.004911	-0.987219	0.3292
LNOCCUPAZIONE(-3)	0.000204	0.003135	0.065118	0.9484
LNGFCF(-2)	0.000425	0.002246	0.189211	0.8508
LNGFCF(-3)	0.002123	0.001564	1.357584	0.1818
LNCAPITALE_PRIVATO(-2)	0.000981	0.000821	1.195411	0.2386
LNCAPITALE_PRIVATO(-3)	7.67E-05	0.000612	0.125332	0.9009
R-squared	0.422130	Mean dependent var	0.000143	
Adjusted R-squared	0.257024	S.D. dependent var	0.000206	
S.E. of regression	0.000177	Akaike info criterion	-14.23580	
Sum squared resid	1.32E-06	Schwarz criterion	-13.76133	
Log likelihood	404.4844	Hannan-Quinn criter.	-14.05232	
F-statistic	2.556725	Durbin-Watson stat	1.684623	
Prob(F-statistic)	0.012294			

Tabella 59 – Test di eteroschedasticità Regno Unito

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	0.191084	Prob. F(2,42)	0.8268
Obs*R-squared	0.495945	Prob. Chi-Square(2)	0.7804

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Sample: 1963 2017

Included observations: 55

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.000317	0.001896	-0.166998	0.8682
C(2)	0.125633	0.251554	0.499425	0.6201
C(3)	0.011349	0.192395	0.058989	0.9532
C(4)	-0.019329	0.223921	-0.086318	0.9316
C(5)	0.079292	0.249013	0.318425	0.7517
C(6)	0.003386	0.112799	0.030014	0.9762
C(7)	-0.012777	0.115903	-0.110240	0.9127
C(8)	0.001639	0.042136	0.038899	0.9692
C(9)	-0.001567	0.040445	-0.038744	0.9693
C(10)	-0.003904	0.012553	-0.311026	0.7573
C(11)	4.02E-05	0.000229	0.175536	0.8615
RESID(-1)	-0.179181	0.294620	-0.608177	0.5463
RESID(-2)	-0.027219	0.237544	-0.114586	0.9093
R-squared	0.009017	Mean dependent var	-2.71E-17	
Adjusted R-squared	-0.274121	S.D. dependent var	0.012057	
S.E. of regression	0.013609	Akaike info criterion	-5.553097	
Sum squared resid	0.007779	Schwarz criterion	-5.078636	
Log likelihood	165.7102	Hannan-Quinn criter.	-5.369619	
F-statistic	0.031847	Durbin-Watson stat	2.013432	
Prob(F-statistic)	1.000000			

Tabella 60 – Test di autocorrelazione Regno Unito

In sintesi, il Regno unito è un paese in cui la dotazione di capitale pubblico svolge un ruolo estremamente significativo con riferimento alla crescita economica. Questa affermazione è possibile effettuarla sia nel breve che nel lungo periodo. Infatti in entrambi i casi è stata verificata la presenza di una relazione di causalità tra queste variabili. Il Regno Unito rappresenta quindi un ulteriore tassello circa la validità e la correttezza dell'approccio utilizzato, dato che i risultati ottenuti sono coerenti e compatibili con le ipotesi di partenza e per di più vanno ad inserirsi in un quadro che è del tutto simile agli altri paesi considerati, con poche eccezioni.

Anche in questo caso è importante sottolineare che l'occupazione, pur se in maniera meno marcata (rispetto allo stock di capitale pubblico), gioca un ruolo rilevante per lo sviluppo economico del paese. Le stesse conclusioni non possono tuttavia essere tratte per il capitale privato.

Infine, seguendo la prassi adottata per gli altri paesi, vale la pena sottolineare la validità statistica del modello verificata con i test di normalità, eteroschedasticità e autocorrelazione, i quali contribuiscono a conferire maggiore robustezza ai risultati esposti.

SPAGNA

Nella tabella che segue vengono presentate le stime del VECM

Vector Error Correction Estimates
 Sample (adjusted): 1973 2017
 Included observations: 45 after adjustments
 Standard errors in () & t-statistics in []

Cointegration Restrictions:

B(1,1)=1, A(2,1)=0, A(3,1)=0, A(4,1)=0

Maximum iterations (500) reached.

Restrictions identify all cointegrating vectors

LR test for binding restrictions (rank = 1):

Chi-square(3) 9.633335

Probability 0.021954

Cointegrating Eq:	CointEq1
LNPIL(-1)	1.000000
LNOCCUPAZIONE(-1)	21.99419 (8.27936) [2.65651]
LNGFCF(-1)	-34.89910 (14.6597) [-2.38062]
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	-8.920479 (6.48205) [-1.37618]

Error Correction:	D(LNPIL)	D(LNOCCUPAZIONE)	D(LNGFCF)	D(LNCAPITALE_PRIVATO)
CointEq1	0.000717 (0.00014) [5.04964]	0.000000 (0.00000) [NA]	0.000000 (0.00000) [NA]	0.000000 (0.00000) [NA]
D(LNPIL(-1))	0.000703 (0.17759) [0.00396]	0.020721 (0.50912) [0.04070]	-0.361147 (0.25684) [-1.40612]	0.863796 (1.67457) [0.51583]
D(LNPIL(-2))	0.054444 (0.13072) [0.41647]	0.017531 (0.37477) [0.04678]	0.050663 (0.18906) [0.26797]	-0.496801 (1.23267) [-0.40303]
D(LNOCCUPAZIONE(-1))	0.009409 (0.11426) [0.08235]	0.988357 (0.32755) [3.01743]	-0.000608 (0.16524) [-0.00368]	2.374354 (1.07736) [2.20385]
D(LNOCCUPAZIONE(-2))	0.113300 (0.10244) [1.10602]	-0.224904 (0.29368) [-0.76582]	0.119223 (0.14815) [0.80472]	-1.731871 (0.96596) [-1.79291]
D(LNGFCF(-1))	-0.061904 (0.11304) [-0.54765]	0.120667 (0.32406) [0.37237]	0.648903 (0.16348) [3.96933]	-0.847407 (1.06587) [-0.79503]

D(LNGFCF(-2))	0.039380 (0.10968) [0.35903]	-0.121828 (0.31444) [-0.38745]	0.132467 (0.15863) [0.83508]	0.332226 (1.03424) [0.32123]
D(LNCAPITALE_PRIVATO (-1))	-0.071924 (0.03069) [-2.34332]	-0.020290 (0.08799) [-0.23059]	-0.000309 (0.04439) [-0.00696]	0.138891 (0.28942) [0.47990]
D(LNCAPITALE_PRIVATO (-2))	-0.041739 (0.03100) [-1.34649]	-0.007024 (0.08887) [-0.07904]	-0.052428 (0.04483) [-1.16944]	0.111123 (0.29230) [0.38016]
R-squared	0.767395	0.563169	0.679832	0.533957
Adj. R-squared	0.715705	0.466096	0.608683	0.430392
Sum sq. resids	0.002178	0.017903	0.004556	0.193685
S.E. equation	0.007779	0.022300	0.011250	0.073349
F-statistic	14.84611	5.801476	9.555114	5.155758
Log likelihood	159.7048	112.3105	143.1009	58.73196
Akaike AIC	-6.697990	-4.591577	-5.960038	-2.210310
Schwarz SC	-6.336657	-4.230244	-5.598706	-1.848977
Mean dependent	0.016708	0.009301	0.033220	0.070017
S.D. dependent	0.014589	0.030520	0.017984	0.097187
Determinant resid covariance (dof adj.)		4.02E-15		
Determinant resid covariance		1.64E-15		
Log likelihood		506.2000		
Akaike information criterion		-20.72000		
Schwarz criterion		-19.11408		

Tabella 61 – Estimation output Spagna

L'analisi delle stime dei coefficienti evidenzia l'importanza di tutte e tre le variabili ai fini della crescita economica con la necessità di fare alcune precisazioni. Innanzitutto mentre i coefficienti relativi allo stock di capitale pubblico e capitale privato sono negativi, quello relativo all'occupazione è positivo. In seconda battuta, come già avvenuto per altri paesi, i coefficienti della dotazione di capitale pubblico e dell'occupazione sono statisticamente significativi al 5%, mentre quello relativo al capitale privato lo è al 10%. Di conseguenza gli aspetti a cui prestare attenzione per questo paese sono molteplici.

Le stime dei coefficienti sono riportate nella seguente tabella.

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.000689	0.000164	4.186744	0.0002
C(2)	-0.000703	0.177589	0.003960	0.9969
C(3)	0.054444	0.130725	0.416475	0.6795
C(4)	0.009409	0.114255	0.082355	0.9348
C(5)	0.113300	0.102440	1.106018	0.2761
C(6)	-0.061904	0.113036	-0.547645	0.5873
C(7)	0.039380	0.109682	0.359035	0.7217

C(8)	-0.071924	0.030693	-2.343325	0.0248
C(9)	-0.041739	0.030999	-1.346486	0.1866
R-squared	0.767395	Mean dependent var		0.016708
Adjusted R-squared	0.715705	S.D. dependent var		0.014589
S.E. of regression	0.007779	Akaike info criterion		-6.697990
Sum squared resid	0.002178	Schwarz criterion		-6.336657
Log likelihood	159.7048	Hannan-Quinn criter.		-6.563289
Durbin-Watson stat	2.140828			

Tabella 62 – Analisi dei coefficienti Spagna

I risultati mettono in evidenza che il coefficiente C(1) è negativo ma non statisticamente significativo. Questo significa che non vi è una relazione di causalità tra stock di capitale pubblico, occupazione e capitale privato (considerate congiuntamente) rispetto all'output produttivo.

Quanto detto va verificato anche attraverso l'utilizzo del test di Granger, per valutare l'impatto delle variabili, considerate in questo caso singolarmente. I risultati sono quelli che vengono di seguito riportati.

Pairwise Granger Causality Tests
Sample: 1970 2017
Lags: 2

Null Hypothesis:	F-Statistic	Prob.
LNGFCF does not Granger Cause LNPIL	2.08500	0.0373
LNPIL does not Granger Cause LNGFCF	1.15592	0.3248
LNGFCF does not Granger Cause LNOCCUPAZIONE	4.12262	0.0234
LNOCCUPAZIONE does not Granger Cause LNGFCF	0.36705	0.6950
LNGFCF does not Granger Cause LNCAPITALE_PRIVATO	2.10328	0.0350
LNCAPITALE_PRIVATO does not Granger Cause LNGFCF	1.09664	0.3436

Tabella 63 – Granger causality Spagna

Anche in questo caso i risultati ottenuti, mostrano di essere in linea con quanto finora osservato per gli altri paesi e consistono nel fatto che una variazione nella dotazione del capitale pubblico causa una variazione nell'output produttivo, nell'occupazione e nel capitale privato (ma non viceversa). Di conseguenza anche in questo caso può essere escluso il problema concernente la causalità inversa, soprattutto dell'output produttivo rispetto allo stock di capitale pubblico che da un punto di vista teorico rappresenta la difficoltà più significativa.

Con riferimento al breve periodo, invece le risultanze dei coefficienti sono le seguenti.

Test Statistic LNGFCF	Value	df	Probability
F-statistic	0.155153	(2, 36)	0.8569
Chi-square	0.310306	2	0.8563

Null Hypothesis: C(6)=C(7)=0

Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(6)	-0.061904	0.113036
C(7)	0.039380	0.109682

Test Statistic LNOCCUPAZIONE	Value	df	Probability
F-statistic	1.117740	(2, 36)	0.3381
Chi-square	2.235479	2	0.3270

Null Hypothesis: C(4)=C(5)=0

Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(4)	0.009409	0.114255
C(5)	0.113300	0.102440

Test Statistic LNCAPITALE_PRI VATO	Value	df	Probability
F-statistic	5.388500	(2, 36)	0.0090
Chi-square	10.77700	2	0.0046

Null Hypothesis: C(8)=C(9)=0

Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(8)	-0.071924	0.030693
C(9)	-0.041739	0.030999

VEC Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Sample: 1970 2017

Included observations: 45

Dependent variable: D(LNPIL)

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNOCCUPAZIONE)	2.235479	2	0.3270
D(LNGFCF)	0.310306	2	0.8563
D(LNCAPITALE_PRIVATO)	10.77700	2	0.0046
All	22.55618	6	0.0010

Tabella 64 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Spagna

I coefficienti ottenuti, mettono in evidenza come, nel breve periodo, vi sia una relazione di causalità tra il capitale privato rispetto all'output produttivo. Di conseguenza è possibile affermare che nel breve periodo variazioni del capitale privato causano variazioni nell'output produttivo. Ciò invece non si verifica per quanto riguarda lo stock di capitale pubblico e l'occupazione, i quali come abbiamo visto in precedenza sono si rilevanti, ma nel lungo periodo.

L'ultimo passaggio consiste nell'indagare la validità statistica del modello attraverso i soliti tre test: normalità, eteroschedasticità e autocorrelazione.

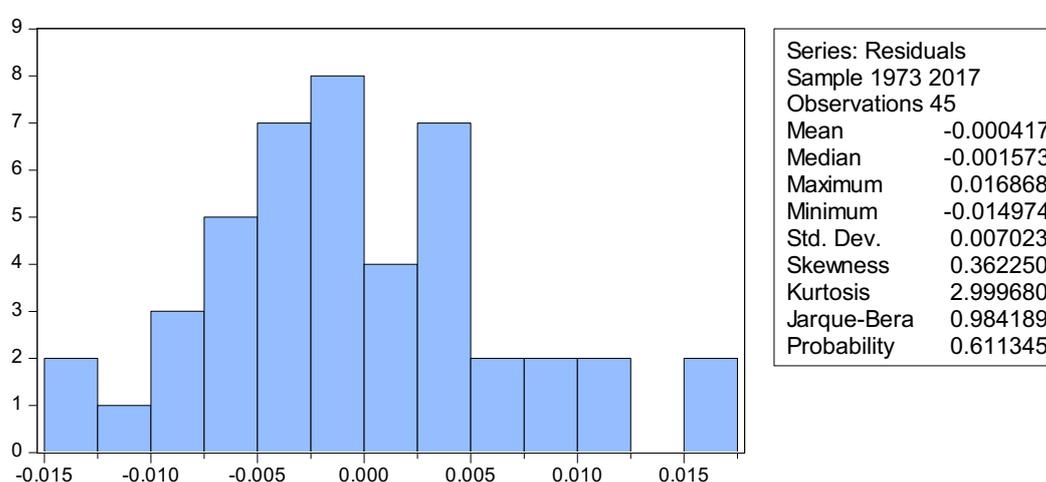


Tabella 65 – Test di normalità Spagna

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

F-statistic	0.944458	Prob. F(12,32)	0.5177
Obs*R-squared	11.76936	Prob. Chi-Square(12)	0.4644
Scaled explained SS	7.205741	Prob. Chi-Square(12)	0.8437

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Sample: 1973 2017

Included observations: 45

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.001303	0.002779	0.469010	0.6422
LNPIL(-1)	-0.000285	0.001689	-0.168694	0.8671
LNOCCUPAZIONE(-1)	8.34E-05	0.001126	0.073997	0.9415
LNGFCF(-1)	0.000143	0.001079	0.132067	0.8958
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	-0.000134	0.000323	-0.415927	0.6802
LNPIL(-2)	0.002932	0.002152	1.362489	0.1826

LNPIL(-3)	-0.002509	0.001316	-1.905991	0.0657
LNOCCUPAZIONE(-2)	0.000340	0.001780	0.191140	0.8496
LNOCCUPAZIONE(-3)	-0.000538	0.001083	-0.496378	0.6230
LNGFCF(-2)	-0.001266	0.001908	-0.663725	0.5116
LNGFCF(-3)	0.000991	0.001078	0.919512	0.3647
LNCAPITALE_PRIVATO(-2)	8.86E-05	0.000449	0.197294	0.8448
LNCAPITALE_PRIVATO(-3)	7.91E-05	0.000288	0.275062	0.7850
R-squared	0.261541	Mean dependent var	4.84E-05	
Adjusted R-squared	-0.015381	S.D. dependent var	6.77E-05	
S.E. of regression	6.82E-05	Akaike info criterion	-16.11046	
Sum squared resid	1.49E-07	Schwarz criterion	-15.58853	
Log likelihood	375.4853	Hannan-Quinn criter.	-15.91589	
F-statistic	0.944458	Durbin-Watson stat	2.486600	
Prob(F-statistic)	0.517666			

Tabella 66 – Test di eteroschedasticità Spagna

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	6.983116	Prob. F(2,34)	0.7029
Obs*R-squared	12.98754	Prob. Chi-Square(2)	0.6015

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Sample: 1973 2017

Included observations: 45

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.000202	0.000301	-0.671314	0.5066
C(2)	0.148162	0.457152	0.324098	0.7478
C(3)	0.285512	0.181235	1.575368	0.1244
C(4)	-0.047414	0.100187	-0.473259	0.6391
C(5)	0.057047	0.110652	0.515559	0.6095
C(6)	-0.078042	0.104618	-0.745971	0.4608
C(7)	0.017051	0.104496	0.163172	0.8713
C(8)	-0.008352	0.026788	-0.311766	0.7571
C(9)	0.014602	0.055412	0.263510	0.7937
RESID(-1)	-0.405945	0.475416	-0.853874	0.3992
RESID(-2)	-0.709794	0.218784	-3.244263	0.0026
R-squared	0.288612	Mean dependent var	-0.000417	
Adjusted R-squared	0.079380	S.D. dependent var	0.007023	
S.E. of regression	0.006739	Akaike info criterion	-6.953238	
Sum squared resid	0.001544	Schwarz criterion	-6.511609	
Log likelihood	167.4479	Hannan-Quinn criter.	-6.788603	
Durbin-Watson stat	2.185862			

Tabella 67 – Test di autocorrelazione Spagna

Riassumendo, anche per la Spagna è possibile affermare sulla base dell'evidenza empirica che il capitale pubblico gioca un ruolo importante per la crescita economica. Ciò trova riscontro se si prende in considerazione il lungo periodo,

mentre nel breve questa variabile assume un ruolo più marginale. Il capitale privato, invece si comporta in maniera esattamente antitetica. Ciò potrebbe portare ad affermare che in Spagna, si verifica un effetto di spiazzamento (crowding out) tra capitale pubblico e capitale privato, ovvero che quando lo Stato, in tutte le sue forme più disparate, decide di incrementare la sua dotazione di capitale pubblico, attraverso politiche di rilancio degli investimenti, scoraggia lo stesso tipo di manovra da parte del settore privato. Ad ogni modo si tornerà con più enfasi su questa tematica nel paragrafo successivo quando si analizzeranno le risposte alle funzioni di impulso.

Infine, è verificata la validità statistica del modello, tramite i test già visti anche per gli altri paesi oggetto di indagine.

STATI UNITI

Nella tabella che segue vengono presentate le stime del VECM

Vector Error Correction Estimates
 Sample (adjusted): 1963 2017
 Included observations: 55 after adjustments
 Standard errors in () & t-statistics in []

Cointegration Restrictions:

B(1,1)=1, A(2,1)=0, A(3,1)=0, A(4,1)=0
 Convergence achieved after 38 iterations.
 Restrictions identify all cointegrating vectors
 LR test for binding restrictions (rank = 1):
 Chi-square(3) 28.94761
 Probability 0.000002

Cointegrating Eq:	CointEq1
LNPIL(-1)	1.000000
LNOCCUPAZIONE(-1)	2.502810 (2.04280) [1.22518]
LNGFCF(-1)	-1.377290 (0.71454) [-1.92751]
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	-0.491910 (0.36473) [-1.34871]
C	-21.10482 (17.5614) [-1.20177]

Error Correction:	D(LNPIL)	D(LNOCCUPAZIONE)	D(LNGFCF)	D(LNCAPITALE_PRIVATO)
CointEq1	-0.066243 (0.02251) [-2.94298]	0.000000 (0.00000) [NA]	0.000000 (0.00000) [NA]	0.000000 (0.00000) [NA]
D(LNPIL(-1))	0.359746 (0.15005) [2.39754]	0.463519 (0.16111) [2.87699]	0.141700 (0.16480) [0.85985]	0.545916 (0.76251) [0.71595]
D(LNPIL(-2))	0.299748 (0.14262) [2.10178]	-0.153214 (0.15313) [-1.00053]	0.244511 (0.15663) [1.56103]	-0.134265 (0.72474) [-0.18526]
D(LNOCCUPAZIONE(-1))	-0.274466 (0.22670) [-1.21070]	0.085374 (0.24342) [0.35073]	0.042467 (0.24898) [0.17056]	-1.391974 (1.15203) [-1.20828]
D(LNOCCUPAZIONE(-2))	-0.063613 (0.21508) [-0.29576]	-0.137844 (0.23094) [-0.59687]	0.467206 (0.23623) [1.97779]	-0.788021 (1.09300) [-0.72097]

D(LNGFCF(-1))	-0.045326 (0.13089) [-0.34628]	0.022297 (0.14055) [0.15864]	0.185182 (0.14376) [1.28814]	0.182879 (0.66517) [0.27494]
D(LNGFCF(-2))	0.166872 (0.12382) [1.34774]	0.058722 (0.13295) [0.44170]	0.190699 (0.13599) [1.40234]	0.293314 (0.62920) [0.46617]
D(LNCAPITALE_PRIVATO (-1))	-0.069074 (0.05271) [-1.31036]	0.064796 (0.05660) [1.14480]	0.014258 (0.05790) [0.24627]	0.725722 (0.26788) [2.70916]
D(LNCAPITALE_PRIVATO (-2))	0.023985 (0.05910) [0.40584]	0.052417 (0.06346) [0.82602]	-0.083319 (0.06491) [-1.28362]	0.065930 (0.30033) [0.21952]
R-squared	0.399742	0.469485	0.313980	0.385948
Adj. R-squared	0.295349	0.377221	0.194672	0.279157
Sum sq. resids	0.004909	0.005660	0.005922	0.126776
S.E. equation	0.010331	0.011092	0.011346	0.052498
F-statistic	3.829216	5.088523	2.631678	3.614033
Log likelihood	178.3677	174.4545	173.2110	88.95665
Akaike AIC	-6.158824	-6.016528	-5.971308	-2.907515
Schwarz SC	-5.830351	-5.688055	-5.642836	-2.579042
Mean dependent	0.014917	0.015149	0.019567	0.051444
S.D. dependent	0.012307	0.014056	0.012643	0.061833
Determinant resid covariance (dof adj.)		1.13E-15		
Determinant resid covariance		5.52E-16		
Log likelihood		651.5946		
Akaike information criterion		-22.20344		
Schwarz criterion		-20.70706		

Tabella 68 – Estimation output Stati Uniti

Anche negli Stati Uniti, i coefficienti delle variabili in esame sono statisticamente significativi. Tuttavia, in questo caso l'unico che ha un livello di significatività al 5% è rappresentato proprio dalla dotazione di capitale pubblico, a rimarcare l'importanza che questa variabile gioca nei riguardi dell'output produttivo.

Un'ulteriore osservazione riguarda il fatto che mentre i coefficienti afferenti allo stock di capitale pubblico e capitale privato sono negativi, quello dell'occupazione è positivo. Ad ogni modo, in linea generale, è importante notare che tutti i coefficienti sembrano avere un livello di significatività inferiore rispetto a quello finora osservato nei vari paesi che sono stati analizzati. A tal proposito e con riferimento all'analisi di questi ultimi si propone la seguente tabella.

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.096329	0.027070	-3.558503	0.0009

C(2)	0.359746	0.150048	2.397537	0.0206
C(3)	0.299748	0.142616	2.101783	0.0411
C(4)	-0.274466	0.226700	-1.210700	0.2322
C(5)	-0.063613	0.215085	-0.295756	0.7687
C(6)	-0.045326	0.130893	-0.346281	0.7307
C(7)	0.166872	0.123816	1.347737	0.1843
C(8)	-0.069074	0.052714	-1.310360	0.1966
C(9)	0.023985	0.059100	0.405841	0.6867
<hr/>				
R-squared	0.399742	Mean dependent var	0.014917	
Adjusted R-squared	0.295349	S.D. dependent var	0.012307	
S.E. of regression	0.010331	Akaike info criterion	-6.158824	
Sum squared resid	0.004909	Schwarz criterion	-5.830351	
Log likelihood	178.3677	Hannan-Quinn criter.	-6.031801	
Durbin-Watson stat	2.199272			

Tabella 69 – Analisi dei coefficienti Stati Uniti

L'analisi del coefficiente C(1), mostra che quest'ultimo è sì negativo, ma non statisticamente significativo, in linea con quanto osservato finora per tutti i paesi analizzati e di conseguenza coerente con i risultati ottenuti.

Andando ad analizzare il rapporto di causalità tra lo stock di capitale pubblico e le altre variabili attraverso il test di Granger, è possibile notare quanto segue nella tabella di sintesi qui proposta.

Pairwise Granger Causality Tests

Sample: 1960 2017

Lags: 2

Null Hypothesis:	F-Statistic	Prob.
<hr/>		
LNGFCF does not Granger Cause LNPIL	0.70654	0.0481
LNPIL does not Granger Cause LNGFCF	0.62055	0.5417
<hr/>		
LNGFCF does not Granger Cause LNOCCUPAZIONE	1.07772	0.3480
LNOCCUPAZIONE does not Granger Cause LNGFCF	1.15613	0.3228
<hr/>		
LNCAPITALE_PRIVATO does not Granger Cause LNGFCF	0.45887	0.6346
LNGFCF does not Granger Cause LNCAPITALE_PRIVATO	2.35727	0.1049

Tabella 70 – Granger causality Stati Uniti

I risultati in maniera chiara evidenziano come siano le variazioni nella dotazione di capitale pubblico a causare delle variazioni nell'output produttivo e nel capitale privato.

Al contrario i risultati non sono così chiari per quanto riguarda la relazione di causalità tra capitale pubblico e occupazione.

Spostando l'analisi sull'orizzonte temporale di breve periodo, i coefficienti vengono mostrati nella seguente tabella di sintesi.

Test Statistic			
LNGFCF	Value	df	Probability
F-statistic	0.909150	(2, 46)	0.4100
Chi-square	1.818300	2	0.4029
Null Hypothesis: C(6)=C(7)=0			
Null Hypothesis Summary:			
Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.	
C(6)	-0.045326	0.130893	
C(7)	0.166872	0.123816	
Test Statistic			
LNOCCUPAZIONE	Value	df	Probability
F-statistic	0.967259	(2, 46)	0.3877
Chi-square	1.934519	2	0.3801
Null Hypothesis: C(4)=C(5)=0			
Null Hypothesis Summary:			
Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.	
C(4)	-0.274466	0.226700	
C(5)	-0.063613	0.215085	
Test Statistic			
LNCAPITALE_PRI VATO	Value	df	Probability
F-statistic	0.871051	(2, 46)	0.4253
Chi-square	1.742102	2	0.4185
Null Hypothesis: C(8)=C(9)=0			
Null Hypothesis Summary:			
Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.	
C(8)	-0.069074	0.052714	
C(9)	0.023985	0.059100	

VEC Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Sample: 1960 2017

Included observations: 55

Dependent variable: D(LNPIL)

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(LNOCCUPAZIONE)	1.934519	2	0.3801
D(LNGFCF)	1.818300	2	0.4029

D(LNCAPITAL E_PRIVATO)	1.742102	2	0.4185
All	24.24275	6	0.0005

Tabella 71 – Sintesi dei coefficienti di breve periodo Stati Uniti

È significativo notare che nel breve periodo, lo stock di capitale pubblico, l'occupazione e il capitale privato, presi singolarmente sembrano non avere alcuna relazione di causalità rispetto all'output produttivo. Tuttavia, se consideriamo l'effetto congiunto di queste variabili sempre facendo riferimento all'output produttivo, questa relazione di causalità di breve periodo, risulta essere verificata.

Andando ad indagare la validità statistica del modello, i risultati dei test di normalità, eteroschedasticità e correlazione seriale, propongono i seguenti risultati.

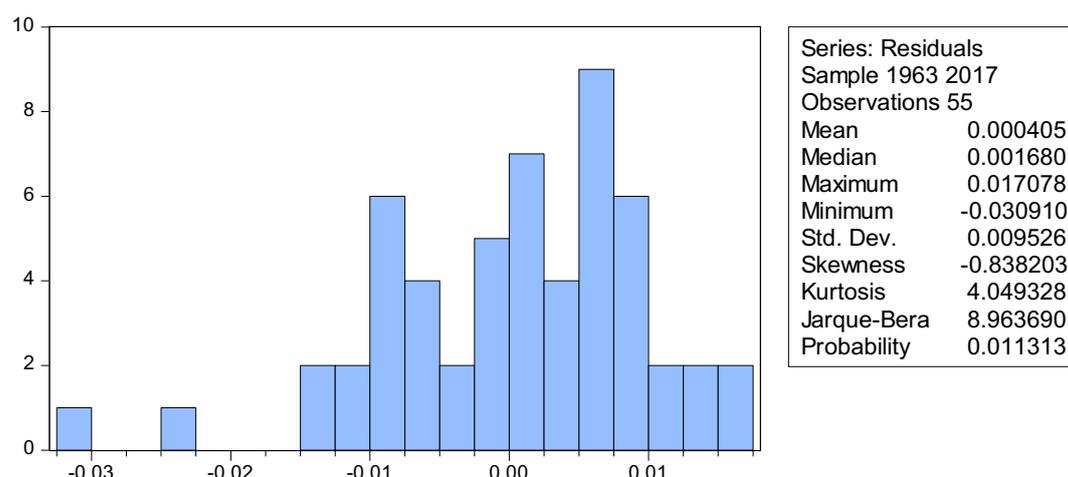


Tabella 72 – Test di normalità Stati Uniti

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

F-statistic	0.845849	Prob. F(12,42)	0.6048
Obs*R-squared	10.70486	Prob. Chi-Square(12)	0.5544
Scaled explained SS	10.86606	Prob. Chi-Square(12)	0.5404

Test Equation:
 Dependent Variable: RESID^2
 Method: Least Squares
 Sample: 1963 2017
 Included observations: 55

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
----------	-------------	------------	-------------	-------

C	0.004313	0.021288	0.202608	0.8404
LNPIL(-1)	0.001382	0.002446	0.564949	0.5751
LNOCCUPAZIONE(-1)	0.001086	0.003833	0.283326	0.7783
LNGFCF(-1)	-0.001681	0.002243	-0.749711	0.4576
LNCAPITALE_PRIVATO(-1)	-0.000203	0.000903	-0.224978	0.8231
LNPIL(-2)	-0.002107	0.003774	-0.558261	0.5796
LNPIL(-3)	0.000305	0.002268	0.134302	0.8938
LNOCCUPAZIONE(-2)	0.002486	0.005589	0.444842	0.6587
LNOCCUPAZIONE(-3)	-0.004359	0.003746	-1.163852	0.2511
LNGFCF(-2)	-0.001296	0.003114	-0.416164	0.6794
LNGFCF(-3)	0.003819	0.002255	1.693237	0.0978
LNCAPITALE_PRIVATO(-2)	-0.000535	0.001471	-0.363808	0.7178
LNCAPITALE_PRIVATO(-3)	0.000709	0.000976	0.726684	0.4715
R-squared	0.194634	Mean dependent var	8.93E-05	
Adjusted R-squared	-0.035471	S.D. dependent var	0.000153	
S.E. of regression	0.000156	Akaike info criterion	-14.48832	
Sum squared resid	1.02E-06	Schwarz criterion	-14.01386	
Log likelihood	411.4289	Hannan-Quinn criter.	-14.30485	
F-statistic	0.845849	Durbin-Watson stat	2.211462	
Prob(F-statistic)	0.604814			

Tabella 73 – Test di eteroschedasticità Stati Uniti

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	2.798351	Prob. F(2,44)	0.0718
Obs*R-squared	6.116704	Prob. Chi-Square(2)	0.0470

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 05/06/18 Time: 22:44

Included observations: 55

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.059233	0.038446	1.540688	0.1306
C(2)	0.271771	0.307366	0.884195	0.3814
C(3)	-0.049721	0.246141	-0.202001	0.8408
C(4)	-0.026568	0.238257	-0.111508	0.9117
C(5)	-0.087515	0.232759	-0.375991	0.7087
C(6)	0.017125	0.127005	0.134833	0.8934
C(7)	-0.006404	0.122510	-0.052277	0.9585
C(8)	0.020002	0.055646	0.359453	0.7210
C(9)	0.060366	0.062438	0.966820	0.3389
RESID(-1)	-0.504512	0.348980	-1.445675	0.1554
RESID(-2)	-0.335737	0.273208	-1.228871	0.2257
R-squared	0.111213	Mean dependent var	0.000405	
Adjusted R-squared	-0.090784	S.D. dependent var	0.009526	
S.E. of regression	0.009949	Akaike info criterion	-6.205831	
Sum squared resid	0.004355	Schwarz criterion	-5.804365	
Log likelihood	181.6604	Hannan-Quinn criter.	-6.050581	
Durbin-Watson stat	2.114934			

Tabella 74 – Test di autocorrelazione Stati Uniti

I test mettono in evidenza la verifica della validità statistica del modello utilizzato. Si può quindi concludere che anche negli Stati Uniti, lo stock di capitale pubblico, svolge un ruolo significativo con riferimento alla crescita economica, anche se va detto che quest'ultimo sembra essere leggermente meno rilevante rispetto a quello verificato negli altri paesi finora indagati.

Allo stesso tempo si è dimostrata l'esistenza di una relazione di causalità di lungo periodo delle variabili considerate rispetto all'output produttivo. Per quanto riguarda quella di breve periodo è già stata messa in risalto la sua particolarità, ovvero che le variabili prese singolarmente, sembrano non avere alcuna relazione di causalità nel breve periodo, ma se si considera il loro effetto congiunto quest'ultima è verificata.

TABELLE DI SINTESI

Tabella di significatività dei coefficienti (T-statistico)

PAESE	T-STATISTICO		
	OCCUPAZIONE	DOTAZIONE DI CAPITALE PUBBLICO	CAPITALE PRIVATO
Francia	-2.901	-2.108	-1.644
Germania	-2.613	-2.396	0.036
Grecia	-2.755	0.174	-1.188
Irlanda	-4.214	0.744	-5.705
Italia	0.716	-2.484	2.300
Portogallo	-4.951	-1.262	-2.311
Regno Unito	-2.945	-4.579	0.981
Spagna	2.656	-2.380	-1.376
Stati Uniti	1.225	-1.927	-1.348

Tabella 75 – Sintesi significatività dei coefficienti

Tabella dei coefficienti di breve e di lungo periodo

PAESE	LUNGO PERIODO	BREVE PERIODO							
	C(1)	C(2)	C(3)	C(4)	C(5)	C(6)	C(7)	C(8)	C(9)
Francia	-0.015	0.215	0.065	0.085	0.248	0.493	0.039	0.087	0.006
Germania	-0.141	-0.191	0.006	-0.116	-0.231	-0.021	0.005	0.057	-0.123
Grecia	-0.096	0.180	0.143	0.108	0.124	-0.137	0.936	-0.019	-0.072
Irlanda	0.172	-0.156	-0.509	-0.074	0.201	0.289	0.716	0.039	0.009
Italia	-0.047	-0.079	-0.067	0.009	-0.071				
Portogallo	-0.102	0.128	-0.119	-0.007	0.053				
Regno Unito	-0.006	-0.028	-0.416	-0.450	-0.214	0.119	0.207	0.033	0.065
Spagna	-0.000	-0.000	0.054	0.009	0.113	-0.061	0.039	-0.071	-0.041
Stati Uniti	-0.096	0.359	0.299	0.274	-0.063	-0.045	0.166	-0.069	0.023

Tabella 76 – Sintesi coefficienti breve e lungo periodo

Tabella dei principali risultati sul test di causalità di Granger

PAESE	LA DOTAZIONE DI CAPITALE PUBBLICO NON CAUSA		
	OUTPUT PRODUTTIVO	OCCUPAZIONE	CAPITALE PRIVATO
Francia	0.015	0.054	0.013
Germania	0.024	0.031	0.041
Grecia	0.952	0.063	0.913
Irlanda	0.911	0.331	0.268
Italia	0.003	0.258	0.174
Portogallo	0.358	0.049	0.549
Regno Unito	0.004	0.020	0.014
Spagna	0.037	0.023	0.035
Stati Uniti	0.048	0.348	0.104

Tabella 77 – Sintesi Granger causality

5.7 – ANALISI IMPULSE RESPONSE

In questa sezione vengono analizzate le proprietà dinamiche dei modelli stimati nelle pagine precedenti, con riferimento ai paesi oggetto di indagine, grazie all'aiuto delle risposte alle funzioni di impulso (dall'inglese impulse response functions, d'ora in avanti IRFs).

Le IRFs sono un metodo che può essere usato per stimare la possibile risposta delle variabili considerate all'interno del modello, nel momento in cui si simula che uno shock economico colpisca una di esse.

Partendo dai concetti basilari, in parte introdotti nei capitoli precedenti, un vettore autoregressivo può essere anche espresso sotto forma di Vector Moving Average (VMA). Quest'ultimo è un espediente molto importante perché permette di verificare i vari shock economici che possono manifestarsi all'interno di un modello VECM. Si fornisce di seguito una breve illustrazione, utilizzando un modello VAR a due variabili, in quanto di più agevole lettura. Ciò è possibile, in quanto, il VECM, come visto nel paragrafo 4.5, altro non è che un VAR con delle restrizioni particolari.

$$y_t = b_{10} - b_{12}z_t + \alpha_{11}y_{t-1} + \alpha_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt} \quad (5.11)$$

$$z_t = b_{20} - b_{21}y_t + \alpha_{21}y_{t-1} + \alpha_{22}z_{t-1} + \varepsilon_{zt} \quad (5.12)$$

Le formule precedenti possono essere espresse in forma matriciale, come segue:

$$\begin{pmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_t \\ z_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{pmatrix} \quad (5.13)$$

oppure

$$Bx_t = \Gamma_0 + \Gamma_1x_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5.14)$$

dove

$$B = \begin{pmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{pmatrix}, x_t = \begin{pmatrix} y_t \\ z_t \end{pmatrix}, \Gamma_0 = \begin{pmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{pmatrix}, \Gamma_1 = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} \end{pmatrix} \text{ e } \varepsilon_t = \begin{pmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{pmatrix}$$

Utilizzando l'equazione descritta nel paragrafo di introduzione ai modelli autoregressivi, la formulazione generale assunta da quest'ultimo nella condizione di equilibrio si ottiene:

$$X_t = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} A_1^i e_{t-1} \quad (5.15)$$

dove

$$X_t = \begin{pmatrix} y_t \\ z_t \end{pmatrix}, \mu = \begin{pmatrix} y \\ z \end{pmatrix}, \text{ e } A_1 = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$$

Si arriva ad ottenere la seguente formulazione:

$$\begin{pmatrix} y_t \\ z_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y \\ z \end{pmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}^i \begin{pmatrix} e_{1t-1} \\ e_{2t-1} \end{pmatrix} \quad (5.16)$$

Quest'ultima equazione relaziona Y_t e Z_t in termini di $\{e_{1t}\}$ e $\{e_{2t}\}$ i quali possono anche essere scritti come $\{\varepsilon_{yt}\}$ e $\{\varepsilon_{zt}\}$. Moltiplicando l'equazione (5.14) per B^{-1} si ottiene il modello VAR nella forma:

$$X_t = A_0 + A_1 X_{t-1} + e_t \quad (5.17)$$

dove

$$A_0 = B^{-1}\Gamma_0, A_1 = B^{-1}\Gamma_1 \text{ e } e_t = B^{-1}\varepsilon_t$$

È possibile notare come il termine di errore e_t , si riferisce alla combinazione di shock (ε_t). Utilizzando l'equazione $e_t = B^{-1}\varepsilon_t$, i termini e_{1t} ed e_{2t} possono essere riscritti come:

$$e_{1t} = \frac{(\varepsilon_{yt} - b_{12}\varepsilon_{zt})}{(1 - b_{12}b_{21})} \quad (5.18)$$

$$e_{2t} = \frac{(\varepsilon_{zt} - b_{21}\varepsilon_{yt})}{(1 - b_{12}b_{21})} \quad (5.19)$$

La forma matriciale di quanto appena scritto è la seguente:

$$\begin{pmatrix} e_{1\tau} \\ e_{2\tau} \end{pmatrix} = \frac{1}{1 - b_{12}b_{21}} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{1\tau} \\ \varepsilon_{2\tau} \end{pmatrix} \quad (5.20)$$

A questo punto le equazioni (5.14) e (5.16) possono essere tra loro combinate nella seguente espressione matematica:

$$\begin{pmatrix} y_t \\ z_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y \\ z \end{pmatrix} + \frac{1}{1 - b_{12}b_{21}} \sum_{i=0}^{\infty} \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{yt-i} \\ \varepsilon_{zt-i} \end{pmatrix} \quad (5.21)$$

Sostituendo le matrici di ordine (2 x 2), per semplicità di visualizzazione, con il simbolo \emptyset , si ottiene:

$$\begin{pmatrix} y_t \\ z_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y \\ z \end{pmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{pmatrix} \emptyset_{11}(i) & \emptyset_{12}(i) \\ \emptyset_{21}(i) & \emptyset_{22}(i) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{yt-i} \\ \varepsilon_{zt-i} \end{pmatrix} \quad (5.22)$$

Con l'elemento $\emptyset_{jk}(i)$ che è dato da:

$$\emptyset_i = \frac{1}{1 - b_{12}b_{21}} \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} i \begin{pmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{pmatrix} \quad (5.23)$$

L'equazione (5.22) può essere scritta in funzione di x_t come:

$$x_t = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} \emptyset_i \varepsilon_{\tau-i}$$

I coefficienti $\emptyset_{11}(i)$, $\emptyset_{12}(i)$, $\emptyset_{21}(i)$ e $\emptyset_{22}(i)$ sono chiamati appunto impulse response functions (IRFs).

La rappresentazione grafica delle IRFs, come si vedrà anche nel prosieguo del paragrafo, è un modo molto veloce ed intuitivo di visualizzare il comportamento di una variabile quando viene colpita da uno shock economico da parte di un'altra variabile considerata all'interno del modello.

Per poter dare a queste ultime un'interpretazione strutturale, è necessario innanzitutto procedere con l'identificazione del modello. In questo caso, esso viene identificato assumendo che la relazione tra gli shock in forma ridotta (ε_t) e gli shock strutturali (e_t), abbia la seguente forma:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & 1 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 & 0 \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_t^{kG} \\ \varepsilon_t^{kP} \\ \varepsilon_t^n \\ \varepsilon_t^y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_t^{kG} \\ e_t^{kP} \\ e_t^n \\ e_t^y \end{bmatrix} \quad (5.24)$$

Com'è possibile notare, vi sono sei parametri sconosciuti nella rappresentazione appena fornita, così come vi sono quattro parametri sconosciuti nella diagonale della matrice di covarianza degli shock strutturali. Dato che vi sono dieci elementi distinti nella matrice di covarianza dei residui in forma ridotta, il modello può dirsi identificato. Questo set di assunzioni ai fini dell'identificazione del modello, è un esempio di applicazione dell'approccio ricorsivo (cfr. recursive approach). Il primo a proporlo è stato Sims (1980), ma successivamente tale modalità di procedere ha trovato ampia diffusione nella letteratura di riferimento.

Naturalmente l'ordinamento delle variabili considerate, potrebbe influenzare i risultati ottenuti, di conseguenza si renderebbe necessaria l'analisi di ordinamenti alternativi delle stesse, ai fini di una verifica circa la robustezza dei risultati ottenuti⁷⁸.

L'ordinamento delle variabili prese in considerazione e risultante dallo schema di identificazione evidenziato all'interno della formula (5.24), comporta le seguenti implicazioni da un punto di vista economico. Innanzitutto, lo stock di capitale pubblico non reagisce contemporaneamente agli shock delle altre variabili presenti nel sistema. Inoltre gli shock sull'occupazione e sull'output produttivo non comportano una reazione contemporanea da parte del capitale privato. Per di più l'occupazione non reagisce istantaneamente a shock della dotazione di capitale pubblico e del capitale privato. Infine shock dell'output produttivo non comportano reazioni istantanee da parte delle altre variabili presenti nel sistema preso in considerazione.

⁷⁸In questo elaborato non sono presenti ordinamenti alternativi delle variabili. Ciò potrebbe ad ogni modo rappresentare un eventuale sviluppo di questo progetto di ricerca.

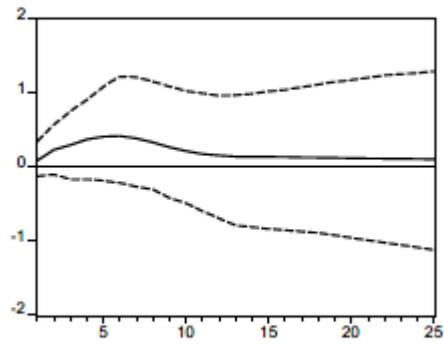
È tuttavia importante evidenziare che, successivamente al periodo iniziale, tutte le variabili possono interagire fra loro liberamente, ad esempio, gli shock sull'output produttivo, possono avere un effetto sulla dotazione di capitale pubblico in qualsiasi periodo preso in considerazione, ad eccezione di quello nel quale avviene lo shock.

Le assunzioni fatte sulle relazioni che intercorrono tra le variabili, possono trovare una giustificazione economica nelle parole che seguono: variazioni nella dotazione di capitale pubblico (dovute a movimentazioni nel livello di spesa pubblica), a differenza di variazioni operate dal lato della politica fiscale e di conseguenza sul livello di tassazione, non hanno una correlazione diretta con il ciclo economico. In particolare, le decisioni concernenti gli investimenti, coinvolgono diversi livelli di governo (data la loro ricaduta "economica" su ambiti territoriali che possono rivelarsi anche particolarmente vasti) e sono spesso oggetto di ritardi nell'attuazione. Di conseguenza, non è del tutto illogico assumere che la dotazione di capitale pubblico non ha una reazione contemporanea rispetto agli shock che si verificano nel settore privato.

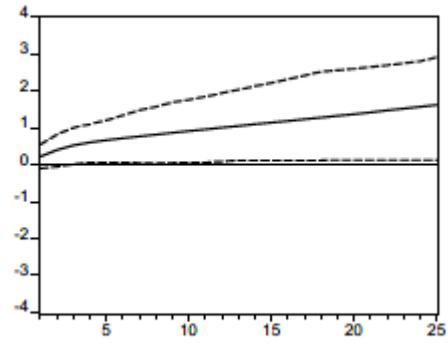
In via del tutto speculare, anche il capitale privato non ha un grado di correlazione particolarmente elevato con il ciclo economico. Infatti, l'occupazione, pur essendo fortemente pro-ciclica, si muove con un certo ritardo rispetto alle fluttuazioni del ciclo economico. Per questa ragione, sembra opportuna l'assunzione tale per cui l'occupazione non reagisce contemporaneamente agli shock riguardanti l'output produttivo.

In conclusione l'ordinamento più plausibile e che trova più ampia giustificazione sembra essere quello in cui le tre variabili considerate (dotazione di capitale pubblico, occupazione e capitale privato) rappresentano gli input della funzione di produzione (variabili indipendenti) le quali hanno un'influenza sull'output produttivo (variabile dipendente).

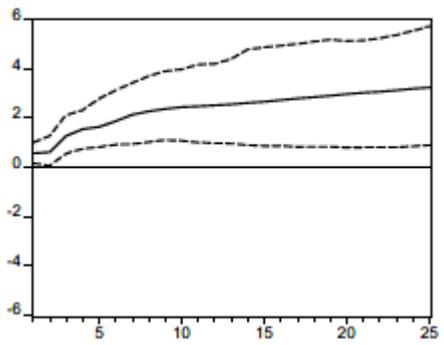
Di seguito vengono visualizzate le risposte alle funzioni di impulso dell'output produttivo ad uno shock nella dotazione di capitale pubblico.



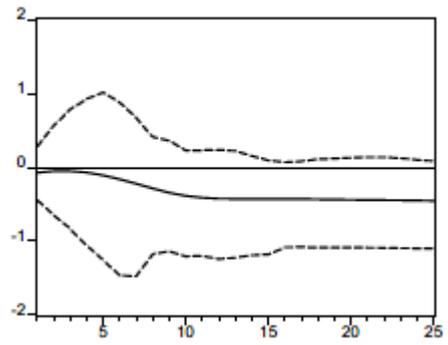
Francia



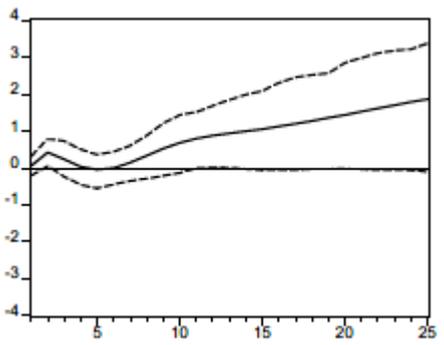
Germania



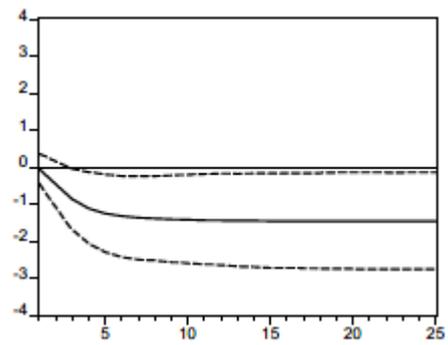
Grecia



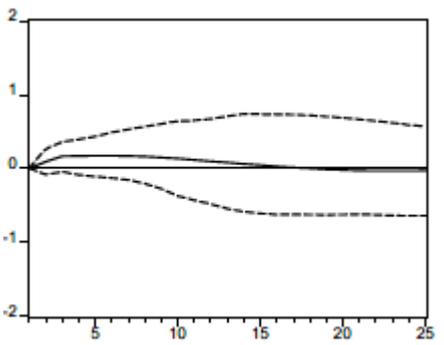
Irlanda



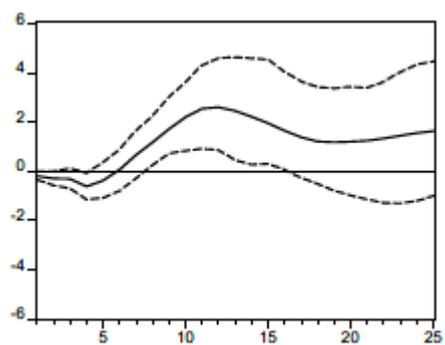
Italia



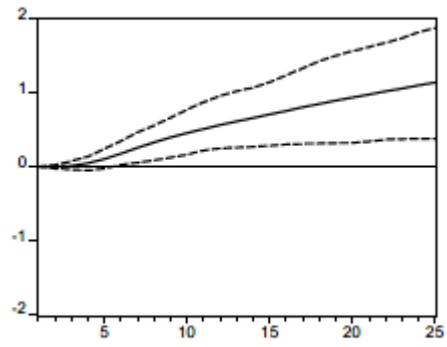
Portogallo



Regno Unito



Spagna



Stati Uniti

I risultati riportati nelle figure precedenti mettono in evidenza che gli shock nella dotazione di capitale pubblico hanno un effetto positivo per la maggior parte dei paesi presi in considerazione. Inoltre per molti di essi tale effetto positivo si verifica per quasi tutto l'arco temporale (venticinque anni) considerato.

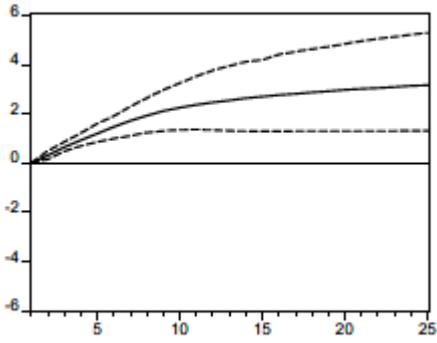
Un ulteriore aspetto da mettere in evidenza è rappresentato dal fatto che le risposte alle funzioni di impulso sono state stimate in maniera abbastanza imprecisa, come testimoniato dalla presenza degli intervalli di confidenza che come indicato nei paragrafi precedenti sono stati calcolati al 68% e non al 95%). Ad ogni modo, come già affermato nei paragrafi circa gli output di stima del modello, i risultati sembrano essere significativi, per la maggior parte dei paesi oggetto di analisi, a conferma del quadro teorico di riferimento.

Al di là dello schema generale appena descritto, vale la pena soffermarsi su due aspetti che meritano uno specifico approfondimento. Il primo è che solamente per due paesi, Portogallo e Spagna, i risultati delle risposte alle funzioni di impulso sono negativi per tutto l'orizzonte temporale considerato. In realtà per quest'ultimo, non si può parlare di un vero e proprio risultato negativo, ma più che altro nullo o perlomeno non significativo.

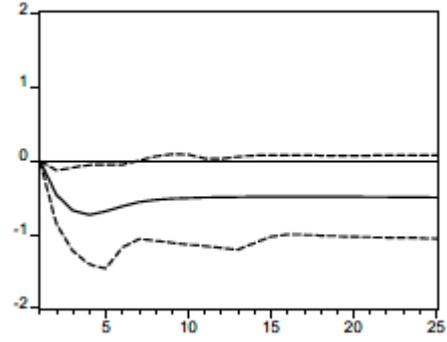
Il secondo aspetto degno di nota, riguarda il fatto che per alcuni paesi la risposta dell'output produttivo ad uno shock nella dotazione di capitale pubblico è negativa nel breve periodo, ma positiva nel medio-lungo (Germania e Irlanda).

Ad ogni modo vale la pena sottolineare, una volta di più, l'effetto positivo che il capitale pubblico ha sulla crescita economica, misurata come incremento dell'output produttivo (PIL).

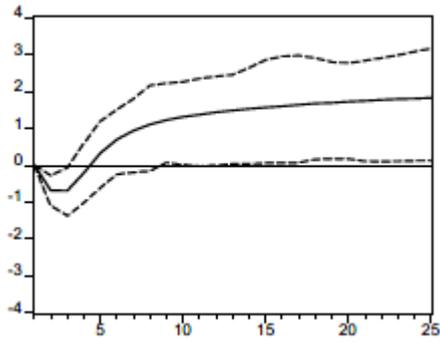
Di seguito invece vengono visualizzate le risposte alle funzioni di impulso dell'occupazione ad uno shock nella dotazione di capitale pubblico.



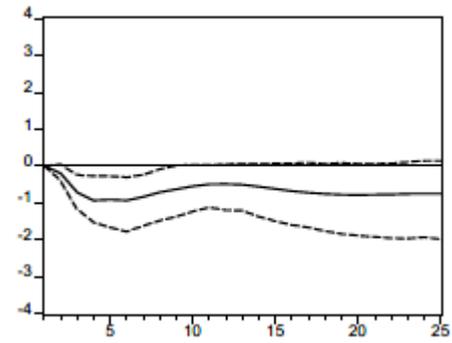
Francia



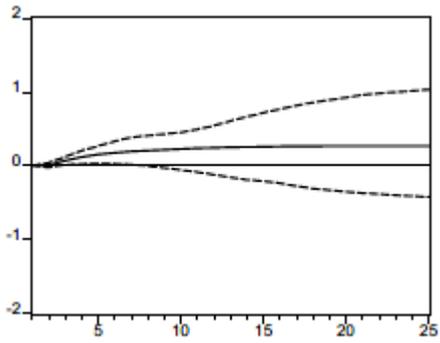
Germania



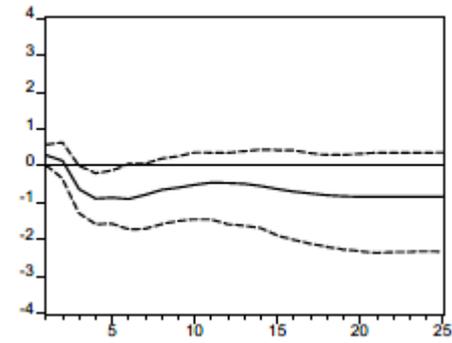
Grecia



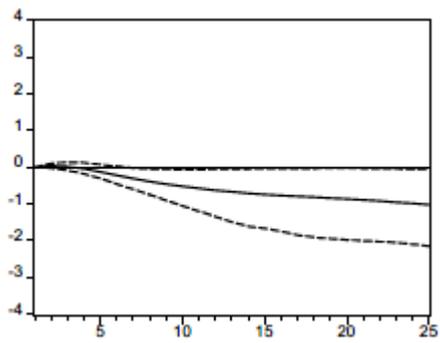
Irlanda



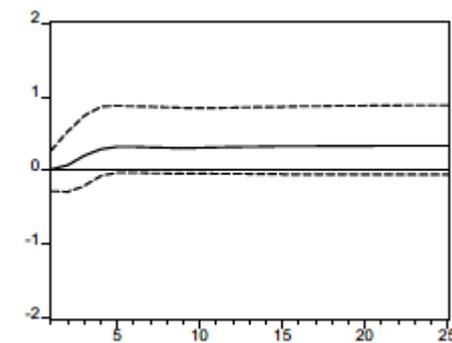
Italia



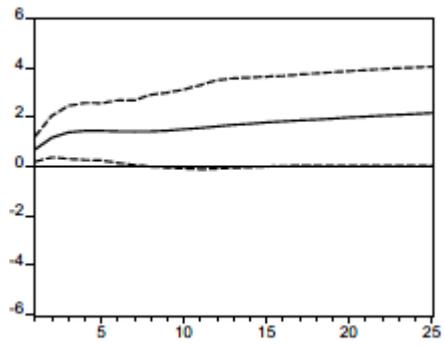
Portogallo



Regno Unito



Spagna



Stati Uniti

Con riferimento ai risultati delle IRFs dell'occupazione a uno shock nella dotazione di capitale pubblico, esse non mostrano una tendenza generale valida per tutti i paesi presi in considerazione in questa indagine. Infatti vi è una quasi perfetta distinzione tra paesi in cui l'occupazione risponde negativamente ad una variazione del capitale pubblico e paesi in cui quest'ultima risponde positivamente. Nel primo gruppo sono ascrivibili Germania, Irlanda, Italia, Portogallo e Regno Unito, mentre al secondo appartengono i rimanenti ovvero Francia, Grecia, Spagna e Stati Uniti.

L'assenza di risultati chiari con riferimento agli effetti dello shock di capitale pubblico sull'occupazione, rappresenta un problema anche dal punto di vista della teoria economica, in quanto avrebbe permesso una migliore comparazione tra i diversi approcci presentati in precedenza. Ad esempio, i tradizionali modelli Keynesiani indicano che in risposta ad un incremento della spesa pubblica, l'occupazione dovrebbe a sua volta aumentare. I problemi si fanno più complessi se si prendono in considerazione i modelli neoclassici, come ad esempio quello dell'equilibrio generale proposto da Baxter e King (cfr. 1993). Le policy sperimentate attraverso questo modello, potrebbero essere in grado di fornire una spiegazione economica rispetto agli inconcludenti risultati ottenuti con le IRFs. Secondo tale modello infatti un incremento nella dotazione di capitale pubblico produce due effetti opposti, in base alle modalità di finanziamento di tale incremento. Infatti se quest'ultimo è finanziato attraverso l'utilizzo di un sistema di imposte e tasse non distorsivo⁷⁹, allora l'occupazione aumenterà in risposta all'incremento nello stock di capitale pubblico. Al contrario, se la modalità di finanziamento consiste in un sistema di imposte e tasse distorsivo⁸⁰, l'occupazione risponderà negativamente all'incremento del capitale pubblico.

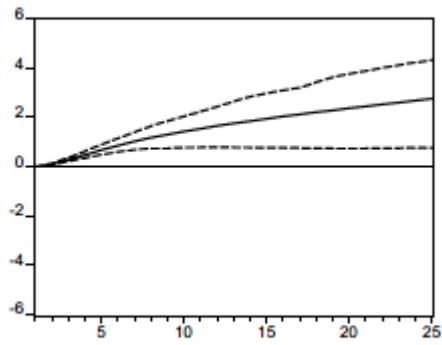
Ad ogni modo il modello utilizzato in questa indagine, non prende in considerazione e non include al suo interno nessun tipo di entrata pubblica, quindi nemmeno il sistema di tassazione utilizzato. La ragione alla base di questa scelta risiede nel fatto che l'introduzione di un'ulteriore variabile all'interno del

⁷⁹ Le imposte distorsive sono imposte indirette, cioè gravano non sul reddito percepito ma sul valore delle transazioni relative all'acquisto o alla vendita di beni e servizi. Si dice che esse abbiano un effetto distorsivo in quanto colpiscono indiscriminatamente chiunque abbia certe preferenze nell'acquisto di beni e servizi a prescindere dal suo reddito. L'esempio più classico di un'imposta di questo tipo è rappresentato dall'IVA.

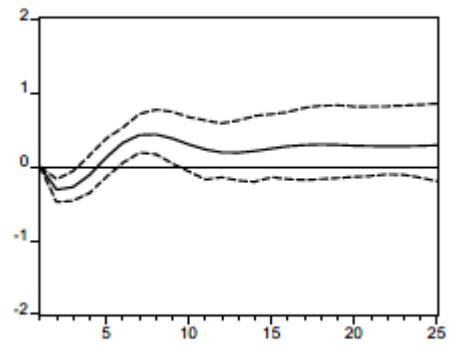
⁸⁰ Liberati, P. (2007), "Trade openness, capital openness and government size", *Journal of public policy*.

modello, come ad esempio il sistema tributario in uso, il consumo del settore pubblico, il debito pubblico ecc., avrebbe comportato una rapida perdita dei gradi di libertà disponibili e con essa una contestuale perdita di significatività dei risultati ottenuti.

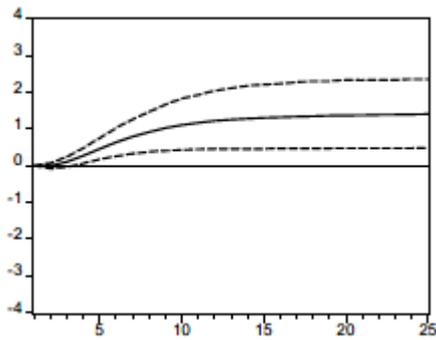
A questo punto, si prosegue con la presentazione delle risposte alle funzioni di impulso del capitale privato ad uno shock nella dotazione di capitale pubblico.



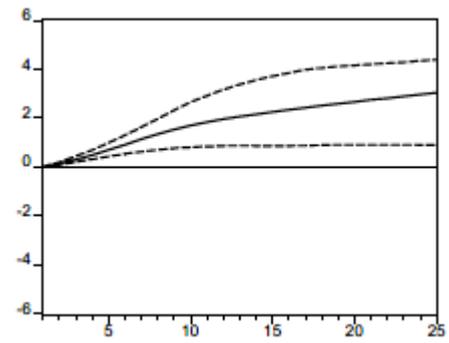
Francia



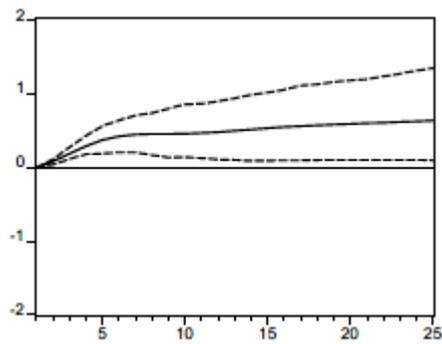
Germania



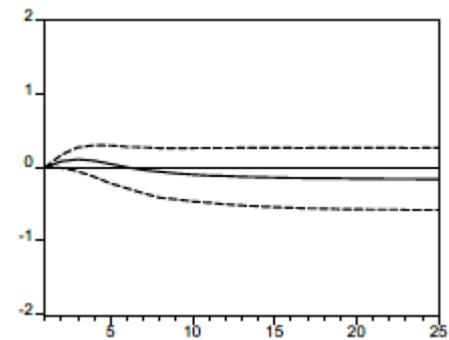
Grecia



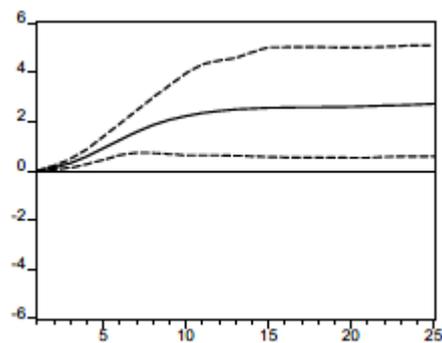
Irlanda



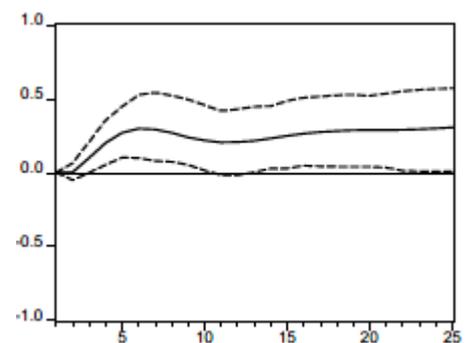
Italia



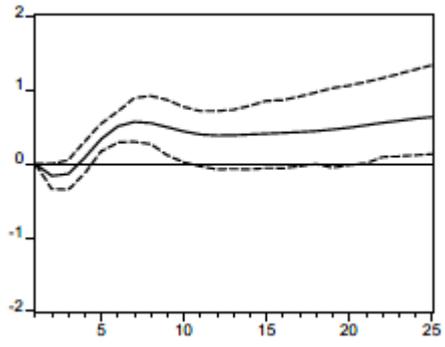
Portogallo



Regno Unito



Spagna



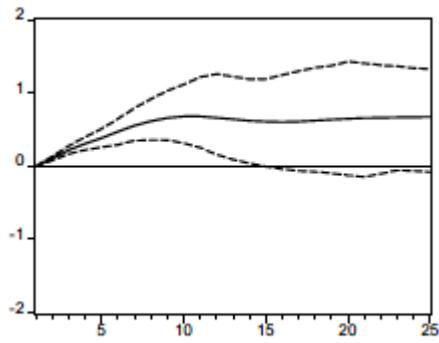
Stati Uniti

I risultati mostrano una risposta positiva del capitale privato ad uno shock nella dotazione di capitale pubblico per la maggior parte dei paesi presi in considerazione. Di conseguenza si può parlare di un effetto di complementarità (crowding in effect) nel medio-lungo periodo tra le due variabili considerate. Ciò che ad ogni modo va evidenziato riguarda anche la dinamica di breve periodo, in cui invece per la maggior parte dei paesi l'effetto è di spiazzamento (crowding out effect). Questo risultato potrebbe essere ascrivibile alla natura stessa della definizione di investimento pubblico. Quest'ultimo infatti potrebbe impiegare un certo periodo di tempo dalla sua ultimazione, prima di riversare la sua utilità economica sul sistema produttivo. Di conseguenza, inizialmente il settore privato sembra "spiazzato" dalle decisioni di investimento operate dal settore pubblico, salvo poi coglierne i vantaggi nel medio-lungo periodo, ovvero una volta che l'investimento pubblico inizia ad essere economicamente "utile".

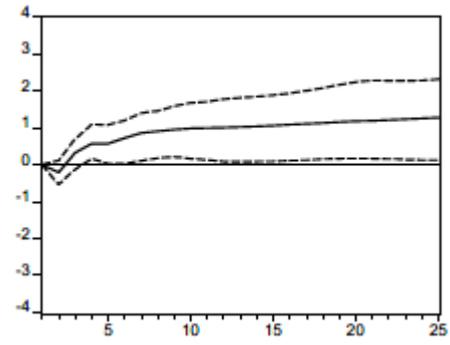
Il modello dell'equilibrio generale messo a punto da Baxter e King (cfr. 1993), già visto per quanto riguarda l'analisi dei risultati ottenuti sull'occupazione, sembra fornire una spiegazione dal punto di vista della teoria economica con riferimento al comportamento appena descritto. Infatti vi sarebbe l'effetto contemporaneo di due forze opposte. La prima di queste forze è ascrivibile al costo necessario per ottenere un'unità aggiuntiva di capitale pubblico. Questo costo riduce le risorse disponibili all'interno dell'intero sistema economico e di conseguenza anche quelle a disposizione del settore privato e, a parità di tutti gli altri fattori, porta ad una caduta del capitale privato nel breve periodo. La seconda forza fa riferimento all'effetto positivo che un incremento dello stock di capitale pubblico ha sulla produttività marginale del capitale privato, provocando, a parità di altri fattori, un aumento di quest'ultimo, nel lungo periodo.

In conclusione, se il public capital come tutte le altre forme di capitale si accumula in maniera graduale, allora la prima delle forze appena descritte avrà la meglio sulla seconda nel breve periodo, mentre nel lungo periodo accade esattamente il contrario.

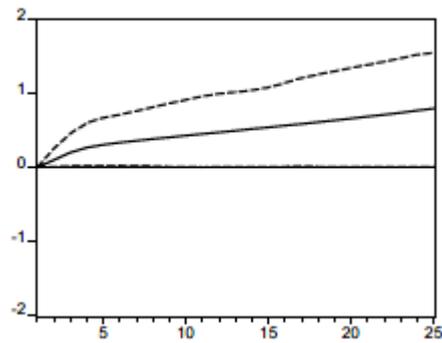
L'ultimo caso che resta da analizzare è la risposta della dotazione di capitale pubblico ad uno shock della stessa dotazione di capitale pubblico (che potrebbe essere intesa, ad esempio, come una politica di rilancio degli investimenti). I risultati sono proposti di seguito.



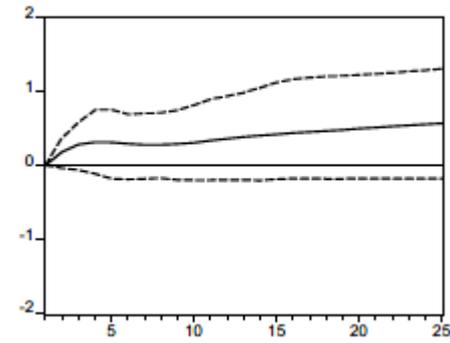
Francia



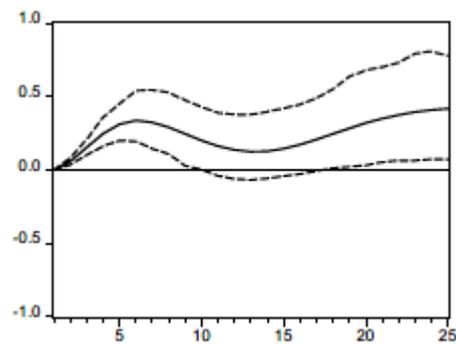
Germania



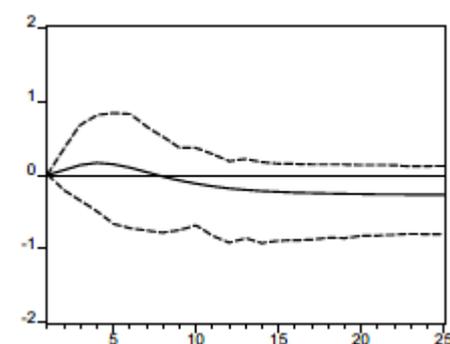
Grecia



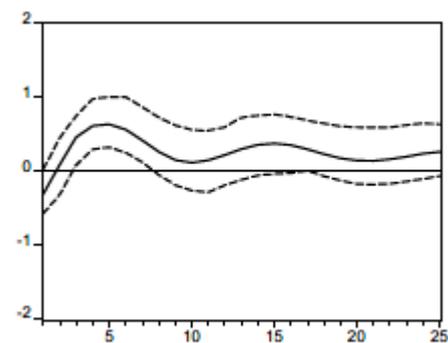
Irlanda



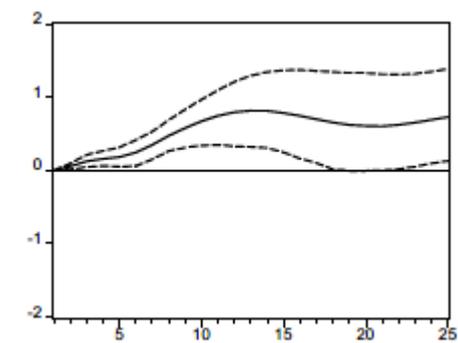
Italia



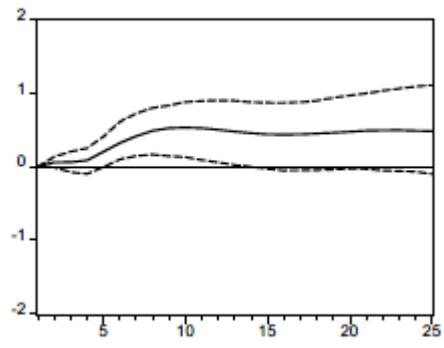
Portogallo



Regno Unito



Spagna



Stati Uniti

Come è possibile notare, le risposte della dotazione di capitale pubblico a uno shock dello stesso capitale pubblico, sono sostanzialmente positive per tutti i paesi oggetto di indagine e lo sono per tutto l'orizzonte temporale di riferimento, con due sole eccezioni Portogallo e Spagna.

Una delle possibili spiegazioni ai risultati ottenuti potrebbe risiedere nello stock di capitale pubblico esistente al momento dello shock. Quanto detto è stato già anticipato nel quadro teorico di riferimento, ovvero in paesi che hanno una dotazione iniziale di capitale già elevata, ulteriori shock del capitale pubblico possono rivelarsi controproducenti; al contrario in paesi che partono con uno stock di capitale pubblico basso, degli shock di quest'ultimo, hanno elevata probabilità di ottenere risultati particolarmente positivi. Di conseguenza è possibile ipotizzare che nei paesi (Portogallo e Spagna) in cui gli shock offrono risultati negativi, la dotazione iniziale di capitale pubblico fosse già vicina al suo livello ottimale.

A questo punto è possibile passare alle principali conclusioni derivanti dal presente elaborato e alla strutturazione di possibili politiche volte alla massimizzazione dei risultati finora mostrati.

6 – CONCLUSIONI E POLICY IMPLICATIONS

Il presente lavoro ha cercato di portare alla luce il ruolo che la dotazione di capitale pubblico svolge all'interno di un sistema economico e nello specifico con riferimento alla crescita di quest'ultimo, misurata come incremento dell'output produttivo (ossia come aumento del PIL). Allo stesso tempo si è posta l'attenzione sul rapporto che intercorre tra lo stock di capitale pubblico ed altre variabili macroeconomiche di sicura rilevanza come l'occupazione e il capitale privato.

Quanto detto è stato fatto attraverso l'utilizzo della metodologia dei vettori autoregressivi (nello specifico i vettori a correzione d'errore, che rappresentano un'evoluzione del più classico VAR). Questi ultimi, a differenza dell'approccio originario della funzione di produzione, con cui si è inizialmente indagata questa problematica, tratta tutte le variabili inserite nel modello come endogene, evitando quindi l'imposizione di qualsiasi tipo di restrizione a priori. Ciò consente di valutare con maggiore precisione le relazioni che intercorrono tra le singole variabili.

A quanto finora detto, va aggiunto che l'utilizzo della metodologia proposta da Johansen (cfr. 1988, 1991), ha dimostrato che è importante tenere in debita considerazione la presenza di relazioni di cointegrazione tra le variabili inserite nel modello. Questa è la motivazione per cui si è potuto procedere con l'utilizzo del vettore a correzione d'errore piuttosto che del classico vettore autoregressivo. Quest'ultimo presenta l'indubbio vantaggio di poter analizzare le relazioni tra le variabili non solo nel lungo periodo, che con riferimento alla problematica indagata rappresenta l'aspetto senza ombra di dubbio più significativo, ma anche nel breve periodo, offrendo in questo modo una prospettiva completa circa il comportamento delle variabili indagate.

I principali risultati ottenuti possono essere sintetizzati come segue:

- 1) Per la maggior parte dei paesi oggetto di indagine, shock nella dotazione di capitale pubblico tendono ad avere un effetto positivo e statisticamente significativo sull'output produttivo;
- 2) Per quanto riguarda il rapporto con il capitale privato, vi è evidenza circa una relazione di complementarità tra quest'ultimo e il capitale pubblico nel lungo periodo per la maggior parte dei paesi. È tuttavia importante

richiamare in questa sede con riferimento a questa stessa relazione, ma con un orizzonte temporale di breve periodo, la distinzione tra due gruppi di paesi. Nel primo, il rapporto tra capitale pubblico e capitale privato è di complementarità, esattamente come nel lungo periodo. Al contrario, nel secondo gruppo di paesi, si verifica che nel breve periodo vi è un effetto di spiazzamento del capitale privato in risposta ad uno shock nella dotazione del capitale pubblico.

- 3) Infine con riferimento all'occupazione, non si è arrivati a risultati con un livello di significatività tale da poter affermare che un incremento nella dotazione di capitale pubblico sia un buon viatico per ottenere un aumento dell'occupazione. In buona sostanza, riguardo all'occupazione il quadro delineato non è del tutto chiaro.

Rispetto a questo quadro generale e di sicura rilevanza, è però opportuno operare alcune precisazioni che aiutano a rendere l'analisi più completa. All'interno dei paesi indagati infatti i risultati presentano un'eterogeneità che si potrebbe quasi definire logica. In effetti si viene a creare una contrapposizione tra paesi "grandi" e paesi "piccoli".

Da un lato infatti vi sono paesi come Francia, Germania, Italia, Portogallo Spagna, Regno Unito e Stati Uniti, in cui la teoria secondo la quale il capitale pubblico ha un ruolo significativo con riferimento al modello adottato, trova ampia conferma (basti guardare alla sua significatività statistica). Quanto detto è rinvenibile anche dalle risposte alle funzioni di impulso, rispetto alla quali, con riferimento allo stesso gruppo di paesi, si nota una generale influenza positiva dell'output produttivo, dell'occupazione e del capitale privato agli shock nella dotazione di capitale pubblico. Con riferimento al rapporto tra capitale pubblico e capitale privato è opportuno operare un'ulteriore precisazione: in generale, nel breve periodo, la risposta del capitale privato rispetto a variazioni nella dotazione di capitale pubblico, è di spiazzamento (crowding out), mentre nel lungo periodo è di complementarità (crowding in). Sembrerebbe quindi che nel breve periodo il capitale privato resti "sorpreso" e di conseguenza inattivo rispetto alle decisioni di investimento del settore pubblico. Quando tuttavia queste decisioni, producono le loro utilità economiche (e ciò avviene, come naturale per gli investimenti, nel lungo periodo), il settore privato, sembra pronto a raccogliergli gli effetti positivi, attraverso l'adozione di politiche di investimento.

Dall'altro lato è possibile notare i paesi più piccoli, come Grecia e Irlanda, per i quali invece la dotazione di capitale pubblico sembra avere un effetto molto meno rilevante ai fini del modello applicato e quindi con riferimento agli effetti sul PIL. In buona sostanza gli effetti del capitale pubblico sulla crescita economica, sull'occupazione e sul capitale privato sono molto meno rilevanti e quanto detto trova conferma anche dall'analisi delle risposte alle funzioni di impulso.

È opportuno anche evidenziare che i risultati ottenuti sono in linea con la maggior parte dei lavori sviluppatasi attorno a questa tematica, i quali sono ben lontani dalle conclusioni a cui era giunto Aschauer. Come già messo in evidenza nei paragrafi precedenti, quest'ultimo trovò che un incremento dell'1% della dotazione di capitale pubblico, comportava un contestuale aumento dello 0.40% dell'output produttivo. Inoltre ciò implicava (ma questo aspetto non è stato trattato nel presente progetto di ricerca), che la produttività marginale del capitale pubblico fosse all'incirca pari al 60%, il che significava che ogni dollaro aggiuntivo speso per la realizzazione di investimenti, avrebbe provocato un incremento di 60 dollari con riferimento all'output produttivo. La parte empirica del presente elaborato, invece è in linea con i risultati mostrati dalla più recente letteratura sviluppatasi su questo argomento, la quale testimonia un impatto dello stock di capitale pubblico sulla crescita economica, misurata come aumento del PIL, molto più contenuto e nell'ordine dello 0.15.

Un ulteriore spunto di riflessione che merita un'analisi più approfondita, riguarda che cosa si intende al giorno d'oggi con una politica di rilancio degli investimenti pubblici. Per quanto espresso nel seguente elaborato è evidente che vi rientra senza ombra di dubbio la realizzazione di quelle che vanno sotto il nome di "grandi opere", ovvero prettamente infrastrutture stradali (ponti, autostrade, reti stradali, reti fognarie, reti elettriche, reti ferroviarie, ecc.), beni mobili ed immobili (ospedali, uffici, scuole, beni culturali, ecc.). Naturalmente con riferimento a queste specifiche categorie, con la nozione di investimento pubblico si intende non solo la loro realizzazione ex-novo, ma anche la manutenzione di quelli esistenti⁸¹.

⁸¹ A tal proposito è utile fare un breve accenno ad una problematica strettamente contabile. Ai fini delle registrazioni nei sistemi di contabilità pubblica, la manutenzione ordinaria del patrimonio pubblico trova posto all'interno della spesa corrente, mentre la manutenzione

Tuttavia nel contesto attuale la nozione di investimento (non necessariamente pubblico), sta assumendo anche connotati leggermente diversi i quali sono ricompresi all'interno del concetto di "era della digitalizzazione e delle telecomunicazioni". In effetti, specialmente in alcuni paesi dell'Europa questa specifica tipologia di investimento, la quale attiene prettamente alla realizzazione di una infrastruttura di tipo informatico (banda larga, industria 4.0, ecc.), non è stata ancora completamente esplorata.

In un mondo in cui, rimanere costantemente in contatto, avere risposte in tempi contingentati, l'essere sempre reperibili, sono diventati fattore chiave per il successo non solo di un'industria, ma anche del sistema economico di un intero paese, è chiaro che la realizzazione di una adeguata rete infrastrutturale informatica risulta essere una condizione necessaria e sufficiente.

Naturalmente, nella visione del presente elaborato, alla luce dei risultati ottenuti, dovrebbe essere il settore pubblico a fare da apripista per una politica di rilancio degli investimenti in questo settore. Quest'ultima dovrebbe essere duplice: da un lato con riferimento alla realizzazione (o potenziamento) della rete infrastrutturale vera e propria; dall'altro attraverso la formazione di professionisti specializzati nel settore allo scopo di creare le migliori competenze possibili (i famosi investimenti in capitale umano). Con ogni probabilità (ma resta un'ipotesi che necessita di una verifica empirica approfondita), i risultati di una politica di rilancio degli investimenti del tipo appena descritto, otterrebbe anche risultati meno ondivaghi con riferimento agli effetti di quest'ultimo sul capitale privato, il quale dovrebbe reagire solo che positivamente, data l'importanza che il mondo digitale riveste per il tessuto industriale di un paese.

Dall'analisi svolta finora si può evincere che una politica di rilancio degli investimenti pubblici, volta ad ottenere un incremento dello stock di capitale pubblico, potrebbe influenzare la crescita economica attraverso: A) un miglioramento indiretto della produttività del lavoratori, oltre all'effetto diretto sulla produttività del lavoro (se inserito all'interno della funzione di produzione); B) una facilitazione per ciò che riguarda i costi di adeguamento associati alla formazione di capitale privato e la sua mobilità verso attività relativamente più

straordinaria viene contabilizzata nella spesa in conto capitale (ovvero investimenti). Di conseguenza potrebbe essere che la spesa per investimento sia sottostimata in virtù del fatto che per le regole contabili, la manutenzione ordinaria non viene conteggiata.

redditizie; C) un miglioramento circa la durabilità sia del capitale pubblico che di quello privato; D) l'ottenimento di risultati migliori per quanto riguarda l'istruzione e la salute, ai fini di una crescita economica non solo quantitativa, ma anche qualitativa.

Questi “canali” operano in parallelo con i più tradizionali effetti di produttività e complementarietà associati alla classica nozione di capitale pubblico, riportata nei capitoli iniziali dell'elaborato (cfr. par. 2.1).

Da un punto di vista delle politiche da adottare, quanto detto permette di fornire alcune importanti lezioni. Ad esempio, rendere più agevole il trasporto su strada e le comunicazioni può tradursi in una maggiore produttività dei lavoratori, anche se si dovesse mantenere lo stesso rapporto tra capitale e lavoro. In effetti alcuni paesi, come Francia e Germania, migliorando sensibilmente l'accesso alle telecomunicazioni nel settore agricolo, hanno permesso ai lavoratori di essere meglio informati sui costi delle materie prime, favorendo una più elevata produttività dell'intero settore. Eliminando i vincoli infrastrutturali, come ad esempio la difficoltà di accesso all'elettricità, alle connessioni internet ultraveloci, o anche la stessa scarsità d'acqua o la difficoltà di accesso alla rete stradale, si può facilitare il processo di spostamento delle risorse verso settori con un più elevato livello di produttività, come ad esempio dal settore agricolo a quello dei servizi o della manifattura. I costi di trasporto rappresentano infatti una variabile cruciale nella decisione sull'intraprendere o meno una determinata attività. Ad esempio, la Cina ha aumentato la produttività agricola nelle zone rurali, ha altresì aumentato gli investimenti in infrastrutture, i quali assieme ad una maggiore mobilità dei lavoratori, ha permesso lo spostamento di capitale e lavoro verso i centri urbani e nello specifico verso i settori dei servizi e manifatturieri, i quali sono cresciuti esponenzialmente.

Un altro aspetto molto rilevante di cui deve tenere conto una politica di rilancio degli investimenti, ha a che fare con un adeguato bilanciamento tra la realizzazione di nuove infrastrutture e il mantenimento (o ammodernamento) di quelle esistenti. Di conseguenza questo corretto bilanciamento ha a che fare con un'adeguata proporzione nelle modalità di finanziamento dell'incremento della dotazione di capitale pubblico, tra spesa corrente e spesa in conto capitale.

Quanto detto ha anche delle conseguenze non trascurabili con riferimento alla durabilità del capitale privato. Ad esempio, mantenere in buone condizioni la

rete stradale già esistente, allungherebbe la vita dei veicoli che vi transitano ed allo stesso tempo, favorirebbe la mobilità tra le varie aree. Similmente, riducendo gli ostacoli e i vincoli presenti nelle reti elettriche o di telecomunicazioni, dovrebbe incoraggiare un rilancio degli investimenti privati, poiché le imprese sarebbero meno preoccupate circa il funzionamento (e la durabilità) delle loro attrezzature e la necessità di preservarle il più possibile dall'inevitabile deterioramento di lungo periodo⁸².

Quanto detto, anche se molto semplice nella sostanza, diventa molto complicato nella realizzazione, a causa di un incentivo a dir poco perverso a cui sono soggetti tutti i policymakers. In effetti, la realizzazione di investimenti completamente nuovi, ha sicuramente una maggiore visibilità, soprattutto politica, rispetto all'utilità economica, la quale comunque gioca un ruolo importante. Di conseguenza, l'uomo politico, tra la manutenzione del capitale pubblico esistente e la realizzazione, ad esempio, di una nuova opera pubblica, sarà spesso portato a scegliere la seconda, in quanto genererebbe maggiore consenso e in definitiva un numero di voti potenzialmente più elevato. Diventa quindi di fondamentale importanza "bloccare" la spesa destinata alla manutenzione dello stock di capitale pubblico esistente rispetto all'ammontare complessivo stabilito per la spesa di investimento totale, in modo da limitare il più possibile l'influenza dell'incentivo appena citato.

Naturalmente nel momento in cui viene garantito un migliore accesso alla popolazione per scuole ed ospedali, viene incrementata anche la qualità dei servizi. Per questa ragione, la spesa pubblica destinata agli investimenti e quindi ad un incremento della dotazione di capitale pubblico, potrebbe esercitare notevoli effetti positivi sia sul settore dell'educazione che su quello della salute. Infatti una delle modalità per migliorare i servizi sanitari ed educativi potrebbe essere quella di allocare una significativa quantità di risorse per beni immobili come ospedali e scuole. Detto in maniera più generica, lo stock di capitale pubblico e la composizione della spesa per investimento, la quale rappresenta il canale per un suo incremento, dovrebbero prendere in considerazione quelli che sono i bisogni e le necessità della popolazione e non essere guidati dalle priorità elettorali legate

⁸² Quanto affermato non è valido solo per i paesi in cui la dotazione di capitale pubblico ha già raggiunto livelli considerevoli (come i paesi analizzati nel presente elaborato), ma anche nei paesi in via di sviluppo, dove per realizzare nuovi investimenti, si potrebbe perdere di vista la semplice manutenzione di quelli già realizzati.

alla forza politica di turno. Da quanto detto si deduce che le scelte legate ad una politica di rilancio degli investimenti, volta ad incremento dello stock di capitale pubblico di un paese, dovrebbe essere il più inclusiva possibile, sia da un punto di vista geografico, ovvero permettendo i collegamenti⁸³ fra le aree più e meno sviluppate di un paese, sia da un punto di vista “redistributivo”, garantendo l’accesso ai principali servizi educativi, scolastici e comunicativi anche alle fasce più povere della popolazione. Solo in questo modo è possibile ottenere i vantaggi evidenziati e descritti nel presente elaborato.

Ad ogni modo va sottolineato che la mancanza di un collegamento dal punto A al punto B, non può essere da sola una motivazione forte abbastanza da giustificare la costruzione di quest’ultimo, a meno che non vi siano solide evidenze a supporto di una sua tangibile utilità. In altre parole, sono numerosi gli esempi di investimenti che una volta realizzati, hanno dimostrato un basso grado di profittabilità rispetto a quello originariamente previsto.

Una buona politica di rilancio degli investimenti dovrebbe prendere in seria considerazione non solo le ricadute positive in termini di aumento del PIL, ma anche quelle attinenti all’ambiente, all’educazione e alla salute, altrimenti il contributo offerto alla crescita economica potrebbe essere ridotto rispetto a quello potenzialmente raggiungibile. Si provi a pensare ad esempio a che cosa succederebbe se si riuscisse a ridurre il tempo che occorre per trasportare una donna in dolce attesa o un bambino malato all’ospedale più vicino; significherebbe che un incremento nella dotazione di capitale pubblico potrebbe assicurare una riduzione nel tasso di mortalità infantile. Allo stesso modo adeguate vie di trasporto potrebbero migliorare i rifornimenti di vaccini, medicine e ogni altra sorta di cure, innalzando notevolmente gli standard di salute di un intero paese, con innumerevoli ricadute positive.

Un ulteriore aspetto che deve essere necessariamente preso in considerazione nella pianificazione di un incremento della dotazione di capitale pubblico, è quello di provare a prevedere non solo quale sarà il suo impatto sulla crescita economica del paese o sul benessere della sua popolazione, ma anche sui controlli, sulle regole, sulle procedure ed anche sulle attività illegali (basti pensare alla corruzione); tutti elementi che potrebbero ridurre i benefici potenzialmente

⁸³ Intendendosi con questo termine, sia quelli stradali che quelli comunicativi in generale.

ottenibili. In buona sostanza, si sta sostenendo l'idea che il settore pubblico deve essere in grado di delineare un quadro normativo di riferimento in grado di limitare al massimo le problematiche appena citate.

Altra questione che vale la pena affrontare è quella relativa alle possibilità di evitare effetti distorsivi dovuti alle modalità di finanziamento di una unità aggiuntiva di capitale pubblico. Il segreto potrebbe consistere nell'utilizzo di strumenti che siano contemporaneamente in grado di limitare al massimo da un lato, tale effetto di spiazzamento, dall'altro di mitigare gli effetti negativi sull'investimento privato. A tal proposito, i governi potrebbero utilizzare un sistema di imposte e tasse specifiche, ovverosia destinate (tanto per fare un esempio, finanziare la manutenzione delle strade attraverso le accise sui carburanti), piuttosto che fare ricorso alla generalità delle entrate fiscali. In buona sostanza si dovrebbe introdurre una qualche forma di legame tra l'utilizzo e il costo sostenuto dagli utenti (cfr. principio del beneficio).

Un'altra opzione potrebbe essere quella attinente alla pianificazione di un sistema di cosiddette "tasse (o imposte) di miglioramento", ossia tributi imposti sul maggior valore delle proprietà, derivante dalla realizzazione di investimenti pubblici. Anche da un punto di vista prettamente macroeconomico, l'utilizzo di tali tipologie di imposte e tasse, potrebbe avere degli effetti meno distorsivi rispetto a quelli derivanti dal sistema di fiscalità generale. L'unica problematica di un certo rilievo risiede nell'individuare i soggetti che alla fine devono inevitabilmente sostenere il peso di questa stretta fiscale. Se questi ultimi dovessero ricadere sulle fasce più deboli della popolazione (ovvero quelle con minore disponibilità reddituale), oppure dovessero portare ad un incremento dell'evasione fiscale da parte della middle class, allora i benefici derivanti dall'incremento dello stock di capitale pubblico, risulterebbero notevolmente mitigati.

Nella rassegna delle modalità di finanziamento degli investimenti, il settore pubblico potrebbe vagliare anche un'altra opzione, la quale non rappresenta solo un'alternativa, ma potrebbe anche essere complementare alle precedenti. Si tratta delle cosiddette partnership tra settore pubblico e settore privato, le quali non sono state analizzate nel presente elaborato, ma per dovere di completezza devono essere citate, soprattutto alla luce del fatto che, a causa della

recente crisi finanziaria e della conseguente compressione della spesa pubblica, hanno preso piede in diversi paesi.

Un ultimo argomento di analisi riguardante le policy da applicare fa riferimento alla sequenza temporale con cui realizzare gli investimenti, ossia un vero e proprio cronoprogramma. La domanda che ci si pone è la seguente: gli interventi di cui si è parlato in precedenza (strade, telecomunicazioni, digitalizzazione, ambiente, scuola, salute, ecc.) devono essere portati avanti e compiuti tutti simultaneamente? Oppure esiste quella che potrebbe essere chiamata “sequenza ottimale” dell’investimento? Naturalmente non esiste una risposta esatta a questa domanda, in quanto entrano in gioco fattori specifici per ogni singolo paese, il quale presenterà delle proprie caratteristiche peculiari. Di conseguenza la risposta dipende dalla struttura del sistema economico che ogni paese ha a disposizione ad un certo istante temporale. Volendo fare un tentativo, esistono evidenze empiriche circa il fatto che nei paesi a più basso reddito la priorità debba essere data agli investimenti in salute ed educazione, per passare successivamente alla rete stradale, mentre nei paesi con un reddito medio-alto in cui questi ultimi risultano già presenti, è possibile procedere con investimenti in telecomunicazioni e digitalizzazione.

APPENDICE 1: Studi basati sull'approccio della funzione di produzione

AUTORI	PAESI	PERIODO	VARIABILE UTILIZZATA	CONCLUSIONI
Albala-Bertand e Mamatzakis (2004)	Cile	1960-1968	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale	La crescita del capitale pubblico infrastrutturale sembra ridurre la produttività fino al 1972. Dal 1972 in poi sembra vero il contrario
Albala-Bertand (2004)	Cile e Messico (regioni)	1950-2000	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale	Influenza positiva di un aumento del capitale pubblico infrastrutturale in entrambi i paesi per un'elasticità pari a 0.04
Bonaglia (2000)	Italia (regioni)	1970-1994	Dotazione di capitale pubblico	Elasticità pari a 0.05 per l'Italia nel suo complesso, ma con grande variabilità tra le singole regioni
Cadot (1999)	Francia (regioni)	1985-1991	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale	Elasticità pari a 0.10
Cadot (2000)	Francia (regioni)	1985-1992	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale	Elasticità pari a 0.08
Calderon e Servèn (2002)	101 Paesi	1960-1997	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale	Elasticità pari a 0.16
Canning (1999)	57 Paesi	1960-1990	Numeri di telefono, capacità di generare energia elettrica, chilometri di strade asfaltate	Elettricità e trasporti hanno un rate of return normale, mentre i telefoni lo hanno al di sopra del normale
Canning e Pedroni (1999)	87 Paesi	1950-1992	Numeri di telefono, capacità di generare energia elettrica, chilometri di strade asfaltate	Vi sono evidenze circa un impatto di lungo periodo di un aumento della dotazione di capitale infrastrutturale sulla crescita economica, ma i risultati variano sensibilmente da un paese all'altro e a seconda del tipo di infrastruttura
Canning e Bennathan (2000)	62 Paesi	1960-1990	Numeri di telefono, capacità di generare energia elettrica, chilometri di strade asfaltate	In linea di massima solo i paesi con un livello di reddito medio-basso, traggono dei benefici da un incremento della propria dotazione infrastrutturale

Charlot e Smith (1999)	Francia (regioni)	1982-1993	Dotazione di capitale pubblico	Elasticità pari a 0.03, ma molto variabile a seconda della regione e del periodo preso in considerazione
Delgado, Rodriguez e Alvarez Ayuso (2000)	Spagna (regioni)	1980-1995	Dotazione di capitale pubblico	Effetti positivi e significanti del capitale pubblico sulla crescita economica
Dugall (1999)	USA	1960-1989	Dotazione di capitale pubblico	Elasticità pari a 0.27
Everaert e Heylen (2004)	Belgio (regioni)	1965-1996	Investimento pubblico	Elasticità pari a 0.31
Fernald (1999)	USA	1953-1989	Dotazione di capitale infrastrutturale stradale	Le strade contribuiscono per l'1.4% del PIL fino al 1973, in seguito per lo 0.4%.
Ferrara e Marcellino (2000)	Italia (regioni)	1970-1994	Dotazione di capitale pubblico	Elasticità negativa negli anni 70, positiva negli anni 80 e 90. I risultati si differenziano anche tra regioni
Hoaltz-Eakin e schwartz (1995)	USA	1971-1986	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale	Elasticità pari a 0.08
Kamps (2004)	22 paesi OCSE	1960-2001	Dotazione di capitale pubblico	Elasticità pari a 0.22 con dati panel. Elasticità più alta con dati basati su serie storiche
Kemmerling e Stephan (2002)	87 città tedesche	1980-1988	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale ed investimenti in infrastrutture attuali	Tasso di rendimento delle infrastrutture pari al 16%
Lighthart (2002)	Portogallo	1965-1995	Dotazione di capitale pubblico	Effetti positivi e significanti del capitale pubblico sulla crescita economica
Shioji (2001)	USA e Giappone (regioni)	USA: 1963-1993 Giappone: 1955-1995	Dotazione di capitale pubblico	Elasticità compresa tra 0.10 e 0.15
Stephan (2000)	Germania e Francia (regioni)	Germania: 1970-1995 Francia: 1978-1992	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale	Elasticità pari a 0.11
Stephan (2003)	Germania (regioni)	1970-1996	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale	Elasticità compresa tra 0.38 e 0.65
Vijverberg (1997)	USA	1958-1989	Dotazione di capitale pubblico (al netto di quello militare)	I risultati non sono significativi a causa di problemi di multicollinearità

APPENDICE 2: Studi basati sull'approccio della funzione di costo

AUTORI	PAESI	PERIODO	VARIABILE UTILIZZATA	CONCLUSIONI
Bonaglia (2000)	Italia (regioni)	1970-1994	Dotazione di capitale pubblico	Risultati non significativi a causa delle difficoltà nel misurare il costo di utilizzo del capitale pubblico disponibile
Boscà (2000)	Spagna (regioni)	1980-1993	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale	Elasticità pari a 0.08
Canaleta (1998)	Spagna (regioni)	1964-1991	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale	L'incremento di capitale pubblico riduce i costi di produzione del settore privato. Le due tipologie di capitale sono complementari. Esistono effetti di spillover
Cohen e Morrison Paul (2004)	USA	1982-1996	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale stradale costruito con il metodo dell'inventario permanente	L'incremento di capitale pubblico riduce i costi di produzione del settore privato.
Demetriades e Mamuneas	12 paesi OCSE	1972-1991	Dotazione di capitale pubblico	Elasticità compresa tra 0.36 e 2.06
Ferrara e Marcellino (2000)	Italia (regioni)	1970-1994	Dotazione di capitale pubblico	Un incremento di capitale pubblico non porta ad una riduzione dei costi di produzione del settore privato
Mamatzakis (1999)	Grecia (aziende principali)	1959-1990	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale	Elasticità compresa tra 0.02 e 0.78 a seconda del settore in cui è collata l'azienda
Moreno (2003)	Spagna (regioni)	1980-1991	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale	Sia gli investimenti pubblici che quelli privati incrementano l'efficienza del sistema economico
Vijverberg (1997)	USA	1958-1989	Dotazione di capitale pubblico (al netto di quello militare)	I risultati non sono significativi a causa di problemi di multicollinearità

APPENDICE 3: Studi basati su modelli autoregressivi

AUTORI	PAESI	PERIODO	VARIABILE UTILIZZATA	CONCLUSIONI
Batina (1998)	USA	1948-1993	Dotazione di capitale pubblico	L'aumento della dotazione di capitale pubblico ha un effetto di lungo periodo sull'output produttivo e viceversa
Crowder e Himarios (1997)	USA	1947-1989	Dotazione di capitale pubblico	L'aumento della dotazione di capitale pubblico ha un effetto di lungo periodo sull'output produttivo e viceversa
Everaert (2003)	Belgio (regioni)	1953-1996	Dotazione di capitale pubblico	Elasticità pari a 0.14
Flores de Frutos (1998)	Spagna	1964-1992	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale	Un aumento transitorio della dotazione di capitale pubblico porta ad un incremento permanente di output, capitale privato e occupazione
Ghali (1998)	Tunisia	1963-1993	Investimento pubblico	Un aumento dell'investimento pubblico ha un effetto negativo sulla crescita economica
Kamps (2004)	22 paesi OCSE	1960-2001	Dotazione di capitale pubblico	Per la maggior parte dei paesi vi è un effetto positivo e significativo di un aumento dell'output a seguito di un incremento del capitale pubblico
Ligthart (2002)	Portogallo	1965-1995	Dotazione di capitale pubblico	Effetto positivo del capitale pubblico sulla crescita economica
Mamatzakis (1999)	Grecia	1959-1963	Dotazione di capitale pubblico	Effetto positivo del capitale pubblico sulla produttività, ma non è verificato il contrario
Mitnik e Neumann (2001)	Canada, Francia, Regno Unito, Paesi Bassi, Giappone e Germania	Periodi differenti a seconda del paese oggetto di indagine	Investimento pubblico	Effetto positivo, ma debole, di un incremento dell'investimento pubblico, sull'investimento privato.

Pereira (2000)	USA	1956-1997	Investimento pubblico	Effetto positivo del capitale pubblico sulla crescita economica ed effetto di crowding in rispetto all'investimento privato
Pereira (2001)	USA	1956-1997	Investimento pubblico	Tutte le tipologie di investimento pubblico sono produttive, ma quelli infrastrutturali hanno un tasso di rendimento più elevato rispetto alla crescita economica
Pereira e Andraz (2001)	USA	1956-1997	Investimento pubblico	L'incremento dell'investimento pubblico influenza positivamente sia l'investimento privato che l'occupazione
Pereira e Flores de Futos (1999)	USA	1956-1989	Dotazione di capitale pubblico	Un aumento della dotazione di capitale pubblico influenza positivamente la produttività ma non nella misura evidenziata da Aschauer
Pereira e Roca Segales (1999)	Spagna (regioni)	1970-1989	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale	Effetto positivo e di lungo periodo circa un incremento dell'investimento pubblico, sull'investimento privato e l'occupazione.
Pereira e Roca Segales (2000)	Spagna (regioni)	1970-1993	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale	Effetto positivo e di lungo periodo circa un incremento dell'investimento pubblico, sull'investimento privato e l'occupazione.
Pereira e Roca Segales (2003)	Spagna (regioni)	1970-1995	Dotazione di capitale pubblico infrastrutturale	Effetto positivo e di lungo periodo circa un incremento dell'investimento pubblico, sull'investimento privato e l'occupazione.
Sturm (1999)	Paesi Bassi	1853-1913	Investimento pubblico	Effetto positivo di un incremento del capitale pubblico nel breve periodo. Nessun effetto nel lungo periodo.
Voss (2002)	USA e Canada	USA: 1947-1988 Canada: 1946-1996	Investimento pubblico come percentuale sul PIL	Un incremento dell'investimento pubblico tende ad avere un effetto di crowding out sull'investimento privato

APPENDICE 4: Studi basati sul rapporto tra capitale pubblico e privato

TABELLA 4: STUDI BASATI SUL RAPPORTO TRA CAPITALE PUBBLICO E PRIVATO

AUTORI	PAESI	PERIODO	METODO	CONCLUSIONI
Ahmed e Miller (2000)	39 paesi	1975-1984	Dati panel, fixed effects e random effects	Le spese su trasporti e comunicazioni hanno un effetto di complementarità nei soli paesi in via di sviluppo
Belloc e Vertova (2006)	7 paesi ad elevato indebitamento	N.A.	VECM e impulse response functions	In 6 paesi su 7 vi è l'effetto di complementarità
Demetriades e Mamuneas (2000)	12 paesi OCSE	1972-1991	Approccio della funzione di costo	Il capitale pubblico ha effetti positivi sul capitale privato nel lungo periodo
Dhumale (2000)	19 tra paesi Nord Africa e Medio Oriente	1980-1998	Modello a equazioni simultanee	Effetto di spiazzamento sui paesi esportatori di petrolio, effetto di complementarità sui paesi non esportatori di petrolio
Erenburg e Wohar (1995)	USA	1954-1989 e 1960-1987	VAR	Risultati eterogenei di influenza del capitale sul capitale privato ma anche viceversa (Granger causality)
Everhart e Sumlinski (2001)	63 paesi in via di sviluppati	N.A.	Dati panel, fixed effects e random effects	Effetti di spiazzamento nei paesi con un tasso di corruzione elevata
Ghura e Goodwin (2000)	31 paesi in via di sviluppo	1975-1992	Dati panel	Effetti di complementarità del capitale pubblico sul capitale privato, ma molto eterogenei
Ismihan (2005)	Turchia	1963-1999	Cointegrazione e impulse response functions	Effetti non significativi (né di complementarità, né di spiazzamento) del capitale pubblico su quello privato
Laopodis (2001)	Grecia, Irlanda, Portogallo e Spagna	1960-1997	VECM e impulse response functions	Effetti di complementarità del capitale pubblico sul capitale privato, ma molto eterogenei
Narayan (2004)	Fiji	1950-2001	VECM e impulse response functions	Effetti di spiazzamento dal 1950 al 1975 ed effetti di complementarità dal 1976 al 2001
Pereira (2001)	USA	1956-1997	VAR e impulse response functions	Effetti di complementarità del capitale pubblico sul capitale privato, ma molto eterogenei

Pereira (2001)	USA	1956-1997	VAR e impulse response functions	Effetti di complementarità del capitale pubblico sul capitale privato, ma molto eterogenei
Ramirez (2000)	8 paesi dell'America Latina	1980-1995	VAR e impulse response functions	Effetti di spiazzamento del capitale pubblico rispetto al capitale privato
Reinikka e Svensson (2002)	243 imprese dell'Uganda	1995-1997	N.A.	Effetti di complementarità del capitale pubblico sul capitale privato
Serven (1996)	India	1960-1994	VECM e impulse response functions	Effetti di complementarità del capitale pubblico sul capitale privato
Voss (2002)	USA e Canada	Usa 1947-1988 Canada 1947-1996	VAR e impulse response functions	Effetti di spiazzamento del capitale pubblico rispetto al capitale privato

BIBLIOGRAFIA

Aaron, H.J. (1990). "Discussion", in Munnell, A.H. (ed.), "Is there a shortfall in public capital investment?", Federal Reserve Bank of Boston, Boston, USA.

Ai, C., and Cassou, S.P. (1995). "A normative analysis of public capital" *Applied Economics*, (27), pp. 1201-1209.

Albala-Bertrand, J.M. (2004). "Can the composition of capital constrain potential output? A gap approach". Queen Mary University of London, Department of Economics, Working Paper No. 510.

Albala-Bertrand, J.M, and Mamatzakis, E.C. (2004). "The impact of public infrastructure on the productivity of the Chilean economy". *Review of Development Economics*, (8:2), pp. 266-278.

Akaike, H. (1974). "A New Look at the Statistical Model Identification," *IEEE Transactions on Automatic Control* 19,716-723.

Aschauer, D.A. (1989). "Is public expenditure productive?". *Journal of Monetary Economics* (23), pp. 177-200.

Aschauer, D.A. (2000). "Do states optimize? Public capital and economic growth". *The Annals of Regional Science*, (34), pp. 343-363.

Batina, R.G. (1998). "On the long run effects of public capital and disaggregated public capital on aggregate output". *International Tax and Public Finance*, (5:3), pp. 263-281.

Baxter, M. and R. G. King. (1993). "Fiscal Policy in General Equilibrium," *American Economic Review* 83, 315-333.

Berndt, E.R. and Hansson, B. (1991). "Measuring the contribution of public infrastructure capital in Sweden", NBER Working Paper No. 3842.

Bonaglia, F., La Ferrara, E., and Marcellino, M. (2001). "Public capital and economic performance: Evidence from Italy". IGIER Working Paper No. 163.

Boscé, J.E., Escriba, J., and Murgui, M.J. (2000). "The effect of public infrastructure on the private productive sector of Spanish regions". *Journal of Regional Science*, (42), pp. 301-326.

- Bougheas, S., Demetriades, P.O., and Morgenroth, E.L.W. (1999). "Infrastructure, transport costs and trade". *Journal of International Economics* (47), pp. 169-189.
- Cadot, O., Róller, L.H., and Stephan, A. (1999). "A political economy model of infrastructure allocation: An empirical assessment". CEPR Discussion Paper No. 2336.
- Cadot, O., Róller, L.H., and Stephan, A. (2002). "Contribution to productivity or pork barrel? The two faces of infrastructure investment". WZB Discussion Paper No. 02-09.
- Calderón, C. and Servén, L. (2002). "The output cost of Latin America's infrastructure gap". Central Bank of Chile Working Paper No. 186.
- Canaleta, C.G., Arzoz, P.P., and Gérate, M.R. (1998). "Public capital, regional productivity and spatial spillovers". Universidad Pública de Navarra, Lan Gaiak Departamento de Economía Working Paper No. 9811.
- Canning D. (1998). "A database of world infrastructure stocks, 1950-1995". *World Bank Economic Review*, (12), pp. 529-547.
- Canning, D. (1999). "The contribution of infrastructure to aggregate output". World Bank Working Paper No. 2246.
- Canning, D. and Pedroni, P. (1999). "Infrastructure and long run economic growth". Mimeo.
- Canning, D. and Bennathan, E. (2000). "The social rate of return on infrastructure investments". World Bank Working Paper No. 2390.
- Charlot, S. and Schmitt, B. (1999). "Public infrastructure and economic growth in France's regions". Paper No.129 for ERSA 39th Congress, Dublin, Ireland.
- Cheung, Y.-W. and K. S. Lai. (1993). "Finite-Sample Sizes of Johansen's Likelihood Ratio Tests for Cointegration," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 55,313-328.
- Cohen, J.P. and Morrison Paul, C.J. (2004). "Public infrastructure investment, interstate spatial spillovers, and manufacturing costs". *The Review of Economics and Statistics*, (86:2), pp. 551-560.
- Conrad, K. and Seitz, H. (1994), "The economic benefits of public infrastructure". *Applied Economics*, (26), pp. 303-311.
- Crowder, W.J. and Himarios, D. (1997). "Balanced growth and public capital: An empirical analysis". *Applied Economics*, (29:8), pp.1045-1053.

- Cullison, W. E. (1993). "Public Investment and Economic Growth," Federal Reserve Bank of Richmond Economic Quarterly 79,19-33.
- De Haan, J., Sturm, J.E., and Sikken, B.J. (1996). "Government capital formation: Explaining the decline". *Weltwirtschaftliches Archiv*, (132), pp. 55-74.
- De la Fuente, A., and Vives. X. (1995). "Infrastructure and education as instruments of regional policy: evidence from Spain". *Economic Policy*, pp. 13-51.
- Delgado Rodriguez, M.J., and Alvarez Ayuso, I. (2000). "Public productive infrastructure and economic growth". Paper for ERSA 40th Congress.
- Demetriades, P.O., and Mamuneas, T.P. (2000). "Intertemporal output and employment effects of public infrastructure capital: Evidence from 12 OECD economies". *Economic Journal*, (110), pp. 687-712.
- Devarajan S., Swaroop, V., and Zou, H.F. (1996). "The composition of public expenditure and economic growth": *Journal of Monetary Economics*, (37), pp. 313-344.
- Dufour, J.-M. and E. Renault. (1998). "Short Run and Long Run Causality in Time Series: Theory," *Econometrica* 66,1099-1125.
- Duggal, V.G., Saltzman, C., and Klein, L.R. (1999). "infrastructure and productivity: a nonlinear approach". *Journal of Econometrics*, (92), pp. 47-74.
- Easterly, W. and Rebelo, S. (1993). "Fiscal policy and economic growth: an empirical investigation". *Journal of Monetary Economics*, (32), pp. 417- 458.
- Eberts, R.W. (1986), "Estimating the contribution of urban public infrastructure to regional growth". Federal Reserve Bank of Cleveland Working Paper No. 8610.
- Egger, H., and Falkinger, J. (2003). "The role of public infrastructure for firm location and international outsourcing". CESIFO Working Paper No. 970.
- Engle, R. E and C. W. J. Granger. (1987). "Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing," *Econometrica* 55,251-276.
- Esfahani, H., and Ramíres, M.T. (2003). "Institutions, infrastructure and economic growth". *Journal of Development Economics*, (70), pp. 443-477.
- Evans, P., and Karras, G. (1994). "Is government capital productive? Evidence from a panel of seven countries". *Journal of Macroeconomics*, (16), pp. 271-279.

- Everaert, G. (2003). "Balanced growth and public capital: an empirical analysis with 1(2) trends in capital stock data". *Economic Modelling*, (20), pp. 741-763.
- Everaert, G. and Heylen, F. (2004). "Public capital and long-term labour market performance in Belgium". *Journal of Policy Modelling*, (26), pp. 95-112.
- Fernald, J. (1999). "Assessing the link between public capital and productivity". *American Economic Review*, (89:3), pp. 619-638.
- Ferrara, E.L. and Marcellino, M. (2000). "TFP, costs, and public infrastructure: An equivocal relationship". IGIER Working Paper No. 176.
- Finn, M. (1993), "Is all government capital productive?". *Federal Reserve Bank of Richmond Economic Quarterly*, (79), pp. 53-80.
- Flores de Frutos, R., Garcia-Diez, M., and Perez-Amaral, T. (1998). "Public capital and economic growth: An analysis of the Spanish economy". *Applied Economics*, (30:8), pp. 985-994.
- Ford, R., and Poret, P. (1991). "Infrastructure and private-sector productivity". *OECD Economic Studies*, (17), pp. 63-89.
- Fujita, M., Krugman, P.R. and Venables, A.J. (1999). *The spatial economy*, MIT Press, Cambridge, USA.
- Ghali, K.H. (1998). "Public investment and private capital formation in a vector error-correction model of growth". *Applied Economics*, (30), pp. 837-844.
- Gramlich, E.M. (1994). "Infrastructure investment: A review essay". *Journal of Economic Literature*, (32), pp. 1176-1196.
- Granger, C. W. J. (1969). "Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods," *Econometrica* 37, 424-438.
- Gwartney, J., Holcombe, R.G. and Lawson, R. (2004). "Institutions and the impact of investment on growth". Paper presented at the Conference of the Association Private Enterprise Education, APEE, (April), Bahamas.
- Hamilton, J. D. (1994). *Time Series Analysis*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Hannan, E. J. and B. G. Quinn. (1979). "Determination of the Order of an Autoregression," *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 41, 190-195.

Hansen, H. and K. Juselius. (1995). CATS in RATS: Cointegration Analysis of Time Series. Evanston, IL: Estima. Johansen, S. (1988). "Statistical Analysis of Cointegration Vectors," *Journal of Economic Dynamics and Control* 12, 231-254.

Haughwout, A.F. (2002). "Public infrastructure investments, productivity and welfare in fixed geographic areas". *Journal of Public Economics*, (83), pp. 405-428.

Holtz-Eakin, D. (1994). "Public-sector capital and the productivity puzzle". *Review of Economics and Statistics*, (76), pp.12-21.

Holtz-Eakin, D., and Lovely, M.E. (1996). "Scale economics, returns to variety, and the productivity of public infrastructure". *Regional Science and Urban Economics*, (26), pp. 105-123.

Holtz-Eakin, D., and Schwartz, A.E. (1995). "Infrastructure in a structural model of economic growth" *Regional Science and Urban Economics*, (25), pp. 131-151.

Hulten, C.R., and Schwab, R.M. (1991). "Is there too little public capital?" American Enterprise Institute Conference on infrastructure needs.

Hulten, C.R. (1996). "Infrastructure capital and economic growth: How well you use it may be more important than how much you have". NBER Working Paper No. 5847.

Johansen, S. (1991). "Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Auto-regressive Models," *Econometrica* 59, 1551-1580.

Johansen, S. (1995). *Likelihood-Based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*. Oxford: Oxford University Press.

Kamps, C. (2004a). "New estimates of government net capital stocks for 22 OECD countries 1960-2001". IMF Working Paper No.04/67; forthcoming in: IMF Staff Papers.

Kamps, C. (2004b). "The dynamic effects of public capital: VAR evidence for 22 OECD countries". Kiel Institute of World Economics Working Paper No. 1224.

Kemmerling, A. and Stephan, A. (2002). "The contribution of local public infrastructure to private productivity and its political economy: Evidence from a panel of large German cities". *Public Choice*, (113), pp. 403-422.

Krugman, P.R. (1991). "Increasing returns and economic geography". *Journal of Political Economy*, (99), pp. 483-499.

- Leamer, E.E. (1983). "Let's take the con out of econometrics". *American Economic Review*, (73:3), pp. 31-43.
- Levine, R., and Renelt, D. (1992). "A sensitivity analysis of cross-country growth regressions". *American Economic Review*, (82), pp. 942-963.
- Liberati, P. (2007), "Trade openness, capital openness and government size", *Journal of public policy*.
- Ligthart, J.E. (2002). "Public capital and output growth in Portugal: An empirical analysis". *European Review of Economics and Finance*, (1:2), pp. 3-30.
- Mamatzakis, E.C. (1999a). "Public infrastructure, private input demand, and economic performance of the Greek industry". Queen Mary & Westfield College Working Paper No. 406.
- Mamatzakis, E.C. (1999b). "Testing for long run relationship between infrastructure and private capital productivity: A time series analysis for the Greek industry". *Applied Economics Letters*, (6:4), pp. 243-246.
- Milbourne, R., Otto, G. and Voss, G. (2003). "Public investment and economic growth". *Applied Economics*, (35:5), pp. 527-540.
- Mittnik, S. and Neumann, T. (2001). "Dynamic effects of public investment: Vector autoregressive evidence from six industrialized countries". *Empirical Economics*, (26), pp. 429-446.
- Moreno, R., López-Bazo, E. and Artís, M. (2003). "On the effectiveness of private and public capital". *Applied Economics*, (35), pp. 727-740.
- Munnell, A.H. (1990a). "Why has productivity growth declined? Productivity and public investment". *New England Economic Review*, (January/February), pp.2-22.
- Munnell, A.H. (1990b). "How does public infrastructure affect regional economic performance?" *New England Economic Review*, (September/October), pp. 11-32.
- Munnell, A.H. (1992), "Policy watch. Infrastructure investment and economic growth". *Journal of Economic Perspectives*, (6), pp.189-198.
- Otto, G. D. and G. M. Voss. (1996). "Public Capital and Private Production in Australia," *Southern Economic Journal* 62, 723-738.

- Oxley, H. and Martin, J.P. (1991). "Controlling government spending and deficits: Trends in the 1980s and prospects for the 1990s". OECD Economic Studies No. 17, pp. 145-189.
- Pereira, A.M. (2000). "Is all public capital created equal?" *Review of Economics and Statistics*, (82:3), pp. 513-518.
- Pereira, A.M. (2001). "On the effects of public investment on private investment: what crowds in what?" *Public Finance Review*, (29:1), pp. 3-25.
- Pereira, A.M. and Andraz, J.M. (2001). "On the impact of public investment on the performance of U.S. industries". *Public Finance Review*, (31:1), pp. 66-90.
- Pereira, A.M. and Flores de Frutos, R. (1999). "Public capital accumulation and private sector performance". *Journal of Urban Economics*, (46:2), pp. 300-322.
- Pereira, A.M. and Roca-Sagales, O. (1999). "Public capital formation and regional development in Spain". *Review of Development Economics*, (3:3), pp. 281-294.
- Pereira, A.M. and Roca-Sagales, O. (2001). "Infrastructures and private sector performance in Spain". *Journal of Policy Modelling*, (23:4), pp. 371-384.
- Pereira, A.M., and Roca Sagales, O. (2003). "Spillover effects of public capital formation: Evidence from the Spanish regions". *Journal of Urban Economics*, (53:2), pp. 238-256.
- Pesaran, M. H. and R. P. Smith. (1998). "Structural Analysis of Cointegrating VARs," *Journal of Economic Surveys* 12, 471-505.
- Phillips, P.C.B. (1998). "Impulse response and forecast error variance asymptotics in nonstationary VARs". *Journal of Econometrics* (83:1-2), pp. 21-56.
- Pritchett, L. (1996). "Mind your P's and Q's". World Bank Policy Research Paper No. 1660.
- Sala-i-Martin, X. (1997). "I just ran two million regressions". *American Economic Review*, (87:2), pp. 178-183.
- Sanchez-Robles, B. (1998). "infrastructure investment and growth: Some empirical evidence". *Contemporary Economic Policy*, (16), pp. 98-108.
- Schwarz, G. (1978). "Estimating the Dimension of a Model," *Annals of Statistics* 6,461-464.
- Seung, C.K., and Kraybill, D.S. (2001). "The effects of infrastructure investment: A two sector dynamic computable general equilibrium analysis for Ohio". *International Regional Science Review*, (24:2), pp. 261-281.

- Shioji, E (2001). "Public capital and economic growth: A convergence approach". *Journal of Economic Growth*, (6), pp. 205-227.
- Sims, C. A. (1980). "Macroeconomics and Reality," *Econometrica* 48,1-48.
- Sims, C. A. (1987). "Comment on 'D.E. Runlde, Vector Autoregressions and Reality,'" *Journal of Business and Economic Statistics* 5,443-449.
- Sims, C. A. and T. Zha. (1999). "Error Bands for Impulse Responses," *Econometrica* 67,1113-1155.
- Sims, C., Stock, J., and Watson, M. (1990). "Inference in linear time series models with some unit roots", *Econometrica*, (58), pp. 113-144.
- Stephan, A. (2000). "Regional infrastructure policy and its impact on productivity: A comparison of Germany and France". *Applied Economics Quarterly*, (46), pp. 327-356.
- Stephan, A. (2003). "Assessing the contribution of public capital to private production: Evidence from the German manufacturing sector". *International Review of Applied Economics*, (17), pp. 399-418.
- Sturm, J.E., and de Haan, J. (1995). "Is public expenditure really productive? New evidence for the US and the Netherlands". *Economic Modelling*, (12), pp. 60-72.
- Stock, J. H. and M. W. Watson. (1999). "Business Cycle Fluctuations in US Macroeconomic Time Series."
- Sturm, J.E., Kuper, G.H., and de Haan, J. (1998). "Modelling government investment and economic growth on a macro level: A review", in Brakman, S., van Ees, H., and Kuipers, S.K. (eds.), *Market Behaviour and Macroeconomic Modelling*. MacMillan Press Ltd, London, UK.
- Sturm, J.E., Jacobs, J., and Groote, P. (1999). "Output effects of infrastructure investment in the Netherlands, 1853-1913". *Journal of Macroeconomics*, (21:2), pp. 355-380.
- Sturm, J.E., and De Haan, J. (2005), "Determinants of long-term growth: New results applying robust estimation and extreme bounds analysis". *Empirica Economics*, forthcoming.
- Tatom, J.A. (1991). "Public capital and private sector performance". *Federal Reserve Bank of St Louis Review*, (73), pp. 3-15.

Tempie, J. (2000). "Growth regressions and what the textbooks don't tell you". *Bulletin of Economic Research*, (52:3), pp. 181-205.

Venables, A.J. (1996). "Equilibrium locations of vertically linked industries". *International Economic Review*, (37:2), pp. 341-359

Vijverberg, W.P.M., Vijverberg, C.P.C., and Gamble, J.L. (1997). "Public capital and private production" *Review of Economics and Statistics*, (79:2), pp. 267-278.

Voss, G.M. (2002). "Public and private investment in the United States and Canada". *Economic Modelling*, (19), pp. 641-664.

World Bank (1994), *Annual Report*, World Bank.