

PREFAZIONE

L'interazione tra aggregati reali e grandezze finanziarie ha assunto un ruolo centrale nel dibattito scientifico e di politica economica corrente. Il presente volume intende fornire, ad un'ampia platea di lettori, gli strumenti di base per poter esaminare, da un punto di vista empirico, le interazioni tra ciclo finanziario e reale e comprendere gli effetti che gli shock sui mercati finanziari possono avere sull'economia reale.

Il volume si presta anche ad essere utilizzato per i corsi di laurea magistrale, classe LM 56, in quanto introduce il lettore agli strumenti di analisi delle fluttuazioni cicliche, utilizzando i concetti tipici dell'analisi statistica delle serie storiche (*time domain*) ma anche metodi propri dell'analisi nel dominio di frequenza (*frequency domain*).

Questa duplice valenza, si riflette nella strutturazione del volume. Nella prima parte (capitoli 1 e 2), l'approccio è prevalentemente didattico. Questa parte del testo introduce il lettore ai concetti di ciclo economico e finanziario, in una prospettiva strettamente empirica. L'obiettivo è consentire al lettore di procedere alla datazione delle fluttuazioni cicliche, utilizzando i concetti base dell'analisi statistica delle serie storiche che consentono di effettuare l'analisi del ciclo economico, sia con l'approccio classico che con l'approccio del ciclo di crescita. La descrizione del metodo è accompagnata dalla sua applicazione a serie storiche di agevole reperibilità di natura reale e finanziaria, per verificare i pro e i contro dei due approcci metodologici. Vengono inoltre forniti spunti utili a comprendere e valorizzare le differenze tra l'analisi nel dominio temporale e in quello di frequenza.

Nella seconda parte del volume si utilizzano i concetti e le risultanze empiriche presentate nei primi due capitoli per approfondire il nesso tra ciclo finanziario e reale. Nel capitolo 3 si propone una sintesi dei principali lavori pubblicati negli anni successivi alla crisi finanziaria del 2007, per illustrare le interazioni tra ciclo economico e finanziario e i meccanismi di sincronizzazione durante i punti di svolta del ciclo. Infine, nel capitolo 4 si affronta

un argomento di rilevante attualità, le crisi finanziarie e i loro effetti reali. Non sempre i punti di svolta del ciclo economico e quelli del ciclo finanziario sono sincronizzati, e non sempre la fine di una fase espansiva del ciclo finanziario significa anche crisi finanziaria. Tuttavia, il contestuale verificarsi di una recessione reale e di una crisi finanziaria implica, come documentato ampiamente in letteratura, che gli effetti della recessione sono molto più duraturi.

In tutto il testo, lo studio dell'evidenza empirica sarà di supporto alla comprensione degli aspetti più tecnici.

CAPITOLO 1

CICLO ECONOMICO E FINANZIARIO: ASPETTI INTRODUTTIVI

1.1. Introduzione

L'analisi moderna del ciclo economico può essere fatta risalire ai lavori del secolo scorso di Wesley Mitchell (Mitchell, 1913; Burns e Mitchell, 1946), nell'ambito del cosiddetto approccio classico, e a quelli successivi di Robert Lucas (Lucas, 1977, 1981) per il filone di studi denominato ciclo di crescita.

Per quanto riguarda l'analisi del ciclo finanziario, la sua importanza e il nesso tra instabilità finanziaria e ciclo reale è stata esaminata sin dai lavori di Fisher (1933), Schumpeter (1934) e Minsky (1964). La datazione dei cicli finanziari, invece, è stata esaminata relativamente meno in letteratura, soprattutto perché lo studio delle fluttuazioni cicliche si è soffermato prevalentemente su periodi caratterizzati da condizioni finanziarie "normali". In questo quadro di analisi, la letteratura macroeconomica tipicamente ipotizzava mercati completi ed assenza di frizioni finanziarie, per cui l'unica attività finanziaria esaminata nell'analisi empirica del ciclo economico era la moneta, essenzialmente per il suo nesso con l'inflazione.

A partire dalla crisi finanziaria del 2007 si è reso necessario attribuire un ruolo preminente al settore finanziario ai fini dell'analisi del ciclo economico. La letteratura economica, infatti, ha messo in evidenza da tempo che le imperfezioni nei mercati finanziari svolgono un ruolo cruciale per le fluttuazioni cicliche.

In questo capitolo si introdurranno brevemente i concetti di ciclo economico e ciclo finanziario, punto di partenza per la descrizione degli aspetti salienti dei due principali approcci alla datazione ciclica, approccio *NBER*¹ e ciclo di crescita.

¹ Il *National Bureau of Economic Research (NBER)* è un ente di ricerca non profit, con

1.2. Definire il ciclo economico

Una definizione unica del concetto di ciclo economico non esiste, e ciò riflette il fatto che esistono diverse interpretazioni sulla natura e le origini delle fluttuazioni cicliche, così come esistono diversi metodi empirici per procedere all'individuazione del ciclo economico e alla sua datazione. Le scuole di pensiero, storicamente identificabili come alternative rispetto alla datazione del ciclo, sono fondamentalmente due, e le differenze possono già essere comprese se si guarda alle diverse definizioni di ciclo che a questi due approcci, approccio classico e approccio ciclo di crescita, sono riconducibili.

In relazione all'approccio classico, uno dei primi testi scientifici a esaminare il concetto di ciclo economico è quello di Burns e Mitchell (1946), secondo i quali "Un ciclo consiste in espansioni che intervengono quasi nello stesso periodo in molte attività economiche, seguito in maniera simile da recessioni, contrazioni e riprese che confluiscono dentro una fase di espansione nel ciclo successivo; questa sequenza di variazioni è ricorrente sebbene non periodica; nella durata i cicli economici variano da più di un anno a dieci o dodici anni; essi non sono divisibili in cicli più brevi di carattere simile e con diversa ampiezza". Questa definizione si concilia bene con quanto verrà poi identificato come approccio classico o *NBER* alla datazione del ciclo economico.

In una diversa prospettiva, Lucas (1977) definiva invece il ciclo economico come le fluttuazioni delle variabili aggregate intorno ai loro valori di lungo periodo, una definizione che è coerente con la scuola di pensiero teorica identificata come *Real Business Cycle* (Kydland e Prescott, 1982) e con l'approccio empirico alla misurazione del ciclo noto come approccio ciclo di crescita. Come vedremo, i metodi hanno ciascuno i propri pro e contro, e quindi è certamente opportuno studiarli entrambi.

In ogni caso, quale che sia la definizione adottata, la caratteristica comune a tutte le analisi empiriche delle fluttuazioni cicliche (basate su approcci univariati) è la variabile macroeconomica presa a riferimento per procedere alla datazione del ciclo economico. Infatti, in tutte le analisi la grandezza

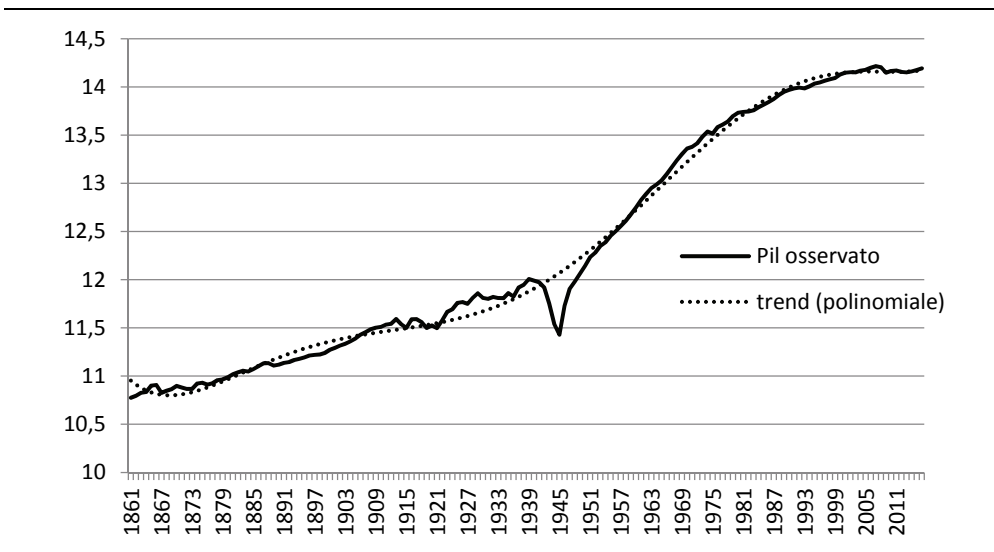
sede a Cambridge, Massachusetts, USA, che si occupa di ricerche in campo economico. È stato fondato nel 1920, e ha un ruolo molto influente nel dibattito scientifico internazionale oltre che in quello specifico per gli Stati Uniti. In particolare, sul sito del NBER una sezione è dedicata alla datazione del ciclo economico statunitense.

presa a riferimento per valutare il *business cycle* è il Prodotto interno lordo (Pil), e in alcuni casi, la produzione industriale. La differenza tra questi due indicatori sta soprattutto nella frequenza di rilevazione delle serie storiche: la produzione industriale è solitamente stimata con cadenza mensile, mentre il Pil viene elaborato a cadenza trimestrale.

Prima di addentrarci nell'analisi dettagliata delle differenze tra tali scuole di pensiero, per illustrare il concetto di fluttuazione ciclica, o ciclo economico, è utile fare riferimento ad una rappresentazione grafica, che ci restituisce immediatamente ed in modo intuitivo il significato di ciclo economico.

A scopo esemplificativo, quindi, nella figura 1 è riportato l'andamento del Pil in Italia dagli inizi dell'unità di Italia, 1861, fino ai giorni nostri. La serie rappresentata con la linea continua è l'andamento osservato del Pil, espresso a prezzi costanti del 2005, in scala logaritmica. La linea punteggiata, invece, è il suo trend, ossia una approssimazione dell'andamento di lungo periodo del Pil italiano. Da un punto di vista statistico, il trend rappresenta la componente di bassa frequenza di una serie storica, caratterizzata, cioè, da variazioni poco ricorrenti, che determina l'andamento di lungo periodo della serie. Da un punto di vista economico, il trend rappresenta l'andamento del Pil nell'ipotesi di pieno impiego dei fattori, e ne approssima, pertanto, la crescita di lungo periodo. Come si nota nella figura, il trend ha un andamento molto smussato e meno segmentato rispetto alla serie storica osservata, e come vedremo nel prossimo capitolo, esistono metodi statistici per ottenerne la stima.

Figura 1. – *L'andamento del Pil in Italia, serie osservata e trend polinomiale. Dati annuali, 1861-2016*



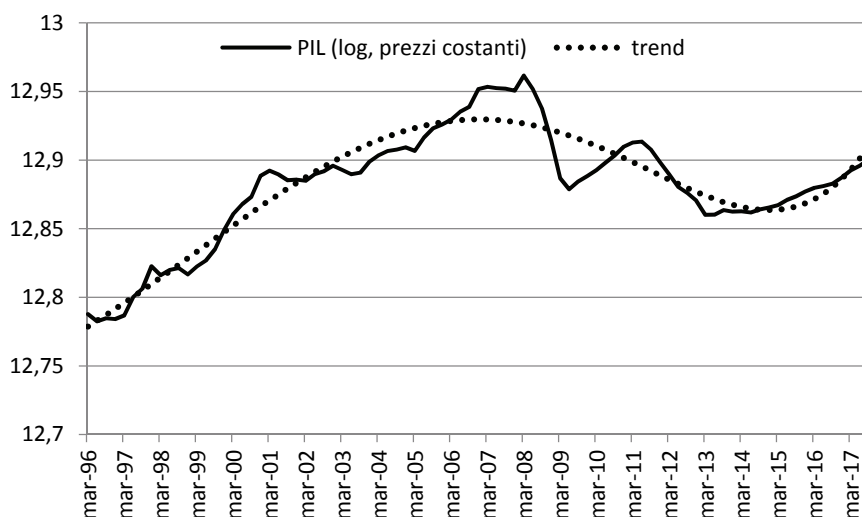
Dall'analisi della figura 1 emergono alcuni elementi di riflessione:

1. l'economia italiana nel lungo periodo ha sperimentato una forte crescita, testimoniata dal divario tra i livelli del Pil misurati sull'asse verticale a inizio periodo, 1861, e alla fine, 2016;
2. se assumiamo che la linea punteggiata sia una buona approssimazione delle potenzialità di crescita di lungo periodo del Pil, si osserva che l'economia non è sempre sul suo sentiero di crescita di lungo periodo;
3. nel corso dei 150 anni e più esaminati nella figura 1, il Pil ha avuto periodi di crescita superiori a quelli impliciti nel trend di lungo periodo ipotizzato, ma anche periodi di rallentamento, come testimoniato dagli anni in cui la linea continua sta al di sotto di quella tratteggiata.

Se invece di esaminare i dati annuali, che mascherano alcune delle oscillazioni intra-annuali, soffermiamo l'attenzione sul Pil rilevato a cadenza trimestrale, come nella figura 2, possiamo trarre informazioni aggiuntive sulle caratteristiche qualitative delle fluttuazioni cicliche che si sono susseguite in Italia nel periodo 1996-2017. Infatti notiamo che le fasi di crescita sostenuta, o espansioni, si alternano a fasi di rallentamento, o contrazioni, ma che in generale le fasi recessive sono meno profonde e di più breve durata rispetto

a quelle espansive. Un altro aspetto che pure risalta con evidenza nella Figura 2 è che nel periodo più recente, l'episodio recessivo iniziato in Italia nel 2008, si è osservato un forte rallentamento anche del trend di crescita di lungo periodo.

Figura 2. - *L'andamento del Pil in Italia, serie osservata e trend polinomiale. Dati trimestrali, 1996-2016*



In questo volume non ci occuperemo delle determinanti della performance di lungo periodo, analisi che rientra nella *teoria della crescita*, mentre focalizzeremo l'attenzione, sebbene esclusivamente da un punto di vista empirico, sulle fluttuazioni di breve periodo, ovvero sulla *teoria del ciclo*.

Sebbene come evidente dalla Figura 1 la crescita di lungo periodo è un fenomeno che tende ad annullare completamente gli effetti negativi delle fluttuazioni cicliche, lo studio del ciclo è fondamentale, poiché è alla base degli interventi di politica economica volti a stabilizzare l'economia, allo scopo di:

- rallentare le pressioni al rialzo dei prezzi in fasi espansive;
- contenere gli alti costi delle recessioni, soprattutto in termini di disoccupazione.

Il secondo aspetto è quello che più ci aiuta a comprendere l'importanza dell'analisi delle fluttuazioni cicliche, i cui costi sociali, soprattutto nelle fasi di contrazione, sono particolarmente sentiti dalla collettività. Come vedremo, in anni molto recenti è sempre più diventato evidente che l'attività economica risente non solo di shock di natura reale, ma anche delle turbolenze sui mercati finanziari. Infatti, i meccanismi di amplificazione che si attivano nei mercati finanziari, possono rendere ulteriormente pesanti gli esiti di episodi recessivi.

1.3. Definire il ciclo finanziario

La definizione di ciclo finanziario è di gran lunga più difficile rispetto a quella del ciclo reale. E tuttavia, a partire dalla recente crisi finanziaria globale, la necessità di tenere sotto controllo le grandezze finanziarie, al fine di implementare politiche di prevenzione di bolle speculative e di leva finanziaria eccessiva, è diventata un'esigenza pressante. Per comprendere la difficoltà di individuare la variabile finanziaria di riferimento per l'analisi del ciclo finanziario, è opportuno innanzi tutto richiamare alcuni concetti base nell'analisi dei mercati finanziari.

I sistemi finanziari, ovvero l'insieme di mercati, strumenti e intermediari finanziari, svolgono un ruolo cruciale per l'efficiente allocazione delle risorse nelle economie moderne, facilitando:

1. l'incontro tra offerta di risparmio e la domanda di investimenti;
2. la realizzazione di un profilo del consumo stabile nel tempo (*consumption smoothing*);
3. la redistribuzione dei rischi: sia le imprese che le famiglie fanno *risk sharing*;
4. una efficiente allocazione di risorse scarse attraverso la valutazione e selezione dei progetti di investimento.

Se, da un lato, il corretto funzionamento dei mercati finanziari consente il corretto funzionamento dei mercati reali, dall'altro, episodi di crisi finanziaria, intesi come cattivo funzionamento e eventualmente fallimento di alcune delle istituzioni che in tali mercati operano, così come episodi di bolle speculative, hanno rilevanti (e devastanti) conseguenze reali. Si pensi, ad esempio, agli effetti sui bilanci delle famiglie di una crisi bancaria generata da una leva finanziaria eccessiva, che comporterebbe una perdita di ricchezza

per tutte le famiglie che detengono i loro risparmi sotto forma di depositi o certificati di deposito. Similmente, quando lo Stato incontra problemi a rifinanziare il suo debito a causa di un eccesso di indebitamento, si può andare incontro a rischi di default. Lo scoppio delle bolle speculative, come per esempio la bolla legata alla scoperta delle nuove tecnologie informatiche, nel 1994, con prezzi sempre crescenti per le aziende del settore informatico (*Dot-com companies*) o quella immobiliare nel decennio successivo, hanno prodotto effetti che si sono fatti sentire ampiamente presso un'ampia platea di risparmiatori.

Tra gli strumenti finanziari, alcuni hanno natura di obbligazioni (es. i titoli di Stato o i prestiti obbligazionari), altri sono partecipazioni al rischio di impresa (le azioni). Ognuno di questi strumenti finanziari può essere valutato nella sua consistenza (la ricchezza è una variabile di stock) o, alternativamente, in termini di rendimenti o di prezzo. Inoltre, accanto agli strumenti finanziari in senso stretto, un'altra grandezza di rilevante interesse ai fini del corretto funzionamento dei mercati reali è il credito bancario, la cui dinamica può essere esaminata sia in termini di variazioni (flusso di nuovi prestiti) sia in termini di consistenze (lo stock di prestiti) sia in termini di prezzo (il tasso di interesse). Infine, finora abbiamo citato potenziali variabili rappresentative del ciclo finanziario che fanno riferimento alla ricchezza finanziaria; tuttavia, una componente rilevante della ricchezza è quella immobiliare, che ha giocato un ruolo non trascurabile proprio nella recente crisi finanziaria, soprattutto nei paesi anglosassoni. Infatti, la crisi finanziaria dei mutui *subprime* nata nell'estate del 2007 negli Stati Uniti ha avuto le sue origini nello scoppio della bolla immobiliare.

La pluralità degli strumenti finanziari comporta che non è immediato identificare una variabile unica che possa essere presa a riferimento per determinare l'andamento del ciclo finanziario. In letteratura non c'è una unanime identificazione della variabile "tipo" rappresentativa del ciclo finanziario. Per esempio, Claessens *et al.* (2011) esaminano tre distinti ma interdipendenti aggregati finanziari: il credito bancario, il mercato immobiliare, il mercato azionario. Il primo è fortemente rappresentativo dei legami tra risparmi e investimento a livello aggregato. Le altre due variabili fanno invece riferimento ad alcune delle più rilevanti componenti della ricchezza, reale (le abitazioni) nel primo caso e finanziaria (le azioni) nel secondo, e l'andamento dei loro prezzi può essere preso a riferimento per esaminare l'andamento del ciclo finanziario. L'importanza di esaminare congiuntamente le tre grandezze finanziarie si riconduce ai recenti lavori empirici che dimo-

strano che il credito e i prezzi delle attività sono indicatori (*early warning indicators*) di recessioni e crisi finanziarie (Borio e Lowe, 2002; Schularick e Taylor, 2012; Drehmann e Juselius, 2015). Tali studi hanno anche evidenziato che in presenza di leva finanziaria eccessiva e bolle speculative la ripresa economica è più debole (vedi Jorda *et al.*, 2013): le crisi finanziarie possono essere particolarmente severe in termini di perdita di Pil. Di conseguenza, le autorità di politica monetaria sono fortemente incentivate a monitorare il sistema finanziario per rilevare tempestivamente eventuali squilibri finanziari, in presenza dei quali l'economia è più vulnerabile a shock esogeni, come ad esempio un improvviso calo dei prezzi delle attività finanziarie e/o reali (Adrian *et al.*, 2015).

1.4. La datazione del ciclo secondo l'approccio classico (approccio NBER)

Nella definizione di ciclo economico riportata da Burns e Mitchell (1946), una sequenza di espansioni e contrazioni in molte attività economiche, l'attenzione è sulle variabili espresse in livelli e sulle loro dinamiche di breve periodo. Inoltre, si suggerisce l'utilizzo di un ampio set di serie macroeconomiche al posto di una singola serie per definire o misurare il ciclo economico. In sostanza, il metodo utilizzato consiste nell'individuare i punti di svolta nelle serie con cui definire dei cicli specifici e, successivamente, identificare il ciclo aggregato con l'ausilio dell'informazione derivata dai cicli specifici, espresso nei livelli delle serie. Pur essendo consapevoli che l'identificazione del ciclo classico richiede l'utilizzo di un set di variabili, qui nel seguito per semplicità faremo riferimento al Pil come variabile di riferimento per illustrare il procedimento di individuazione dei punti di svolta.

Il metodo si contraddistingue per la misurazione del ciclo economico tramite i movimenti dell'attività economica, in particolare si fa riferimento alle dinamiche di breve periodo degli aggregati economici, così come espressi dai saggi di variazione. Datare il ciclo economico secondo l'approccio classico significa, quindi, individuare l'anno (o il trimestre/mese/settimana, a seconda della frequenza delle serie storiche esaminate) in corrispondenza del quale l'economia cessa di crescere (punto di svolta superiore, o picco massimo) per entrare in una fase di rallentamento caratterizzata da un tasso di crescita negativo. Il protrarsi di un tasso di crescita negativo per un certo numero di periodi individua una fase recessiva, il cui termine (punto di svolta inferiore)

re, o picco minimo) è l'istante temporale a partire dal quale l'economia inizia nuovamente a crescere. La datazione delle diverse fasi del ciclo economico richiede l'individuazione dei successivi picchi massimi e minimi, che devono, per definizione, alternarsi tra loro per poter dare luogo a una sequenza di espansioni e contrazioni. Una volta individuati i punti di svolta dell'economia, è possibile distinguere le fasi recessive da quelle espansive:

- le contrazioni corrispondono a sequenze di declini assoluti in una serie, e non a periodi di crescita lenta rispetto al trend (su questo aspetto torneremo nel prossimo paragrafo);
- le espansioni sono invece periodi (anni o trimestri, a secondo della frequenza delle serie esaminate) in cui l'economia è continuativamente cresciuta.

Ci riferiamo, quindi, a una definizione di ciclo che comprende due fasi: *upturn*, o fase di espansione; *downturn*, o fase discendente, o fase di contrazione. Un concetto solitamente utilizzato nell'analisi ciclica è quello di ripresa (*recovery*) che indica la parte iniziale della fase espansiva, solitamente misurata con il numero di trimestri (anni/mesi) necessari affinché il Pil, superato il picco minimo, raggiunga di nuovo il livello massimo che aveva nella fase espansiva precedente.

La datazione del ciclo secondo l'approccio classico può essere illustrata attraverso un semplice algoritmo di datazione introdotto da Bry e Boschan (1971) che qui illustriamo nella versione proposta da Harding e Pagan (2002).

L'algoritmo in questione richiede la preliminare individuazione dei periodi in corrispondenza dei quali l'economia ha raggiunto un massimo o un minimo locale, tra i quali dovranno poi essere selezionati gli effettivi punti di svolta (minimi e massimi). Ciò richiede una forma di intervento "arbitrario", che però va effettuato esplicitando una regola oggettiva e semplice di selezione dei punti di svolta tra tutti i massimi e minimi locali identificati, che consenta di ottenere:

- a) una durata minima del ciclo, misurato come la distanza temporale tra due picchi massimi o minimi consecutivi;
- b) una durata minima di ciascuna fase, intesa come la distanza temporale tra un picco massimo e minimo (o minimo e massimo);
- c) un'alternanza tra picchi massimi e minimi;
- d) il rispetto di una regola per cui il valore della serie osservato in corrispondenza di un punto di svolta inferiore (minimo) deve essere inferiore al valore osservato in corrispondenza del massimo precedente. Analogamente,

in corrispondenza di ciascun massimo il valore osservato della serie deve essere maggiore di quello osservato in corrispondenza del minimo precedente.

Immaginiamo di avere dati con frequenza trimestrale, in termini formalizzati l'algoritmo di Bry Boschan prevede l'utilizzo delle seguenti restrizioni sulle differenze prime e seconde della serie per individuare i massimi e minimi locali:

- picco massimo del Pil al tempo t (Y_t) se
 - $\Delta Y_t > 0$, $\Delta^2 Y_t > 0$: questa condizione implica che il valore Y_t è più elevato di Y_{t-1} e anche di Y_{t-2} ,
 - $\Delta Y_{t+1} < 0$, $\Delta^2 Y_{t+2} < 0$: questa condizione implica che il valore Y_t è più elevato di Y_{t+1} e anche di Y_{t+2} ;
- picco minimo del Pil al tempo t (Y_t) se
 - $\Delta Y_t < 0$, $\Delta^2 Y_t < 0$: questa condizione implica che il valore Y_t è più basso di Y_{t-1} e anche di Y_{t-2} ,
 - $\Delta Y_{t+1} > 0$, $\Delta^2 Y_{t+2} > 0$: questa condizione implica che il valore Y_t è più basso di Y_{t+1} e anche di Y_{t+2} .

Tra i massimi e minimi così selezionati, i *turning points* che individuano la datazione delle fluttuazioni cicliche saranno quelli che garantiranno una durata minima del ciclo, per esempio di un anno, e di ciascuna fase, per esempio due trimestri.

Una volta individuati i punti di svolta del ciclo, e ottenuto quindi la datazione delle diverse fasi di ciascun ciclo economico, l'approccio NBER si concentra su due aspetti: 1) descrivere le caratteristiche dei cicli economici; 2) studiare la sincronizzazione delle grandezze macroeconomiche di interesse con il ciclo. Quest'ultimo aspetto è di interesse comune a entrambi gli approcci alla datazione del ciclo, ma poiché è affrontato in modo diverso nei due approcci, sarà trattato in un secondo momento (paragrafo 6), dopo aver illustrato il ciclo di crescita. Qui di seguito ci soffermeremo sugli aspetti descrittivi utili a caratterizzare diversi cicli economici.

1.4.1. Le caratteristiche dei cicli economici

Ciascun ciclo economico può essere caratterizzato per la sua *durata*, e per l'*ampiezza* e l'*intensità* delle sue fasi. La durata di un ciclo si può misurare in-

differentemente prendendo a riferimento il numero di trimestri intercorrenti tra due picchi massimi consecutivi, o tra due picchi minimi consecutivi; naturalmente quando si misura la durata di un ciclo economico si deve chiarire quale classificazione si utilizza. La durata può essere anche misurata in riferimento alle fasi cicliche. Per esempio, la durata di una recessione (o *downturn*) è il numero di periodi intercorrenti tra un picco massimo e il successivo minimo. Allo stesso modo, la durata di una fase espansiva (o *upturn*) è il numero di periodi trascorsi dal picco minimo al successivo massimo.

Mentre la durata può essere misurata sia per le singole fasi che per l'intero ciclo economico, il concetto di ampiezza riguarda solo ed esclusivamente le singole fasi cicliche; essa misura, infatti, la variazione percentuale del Pil osservata nel periodo intercorrente tra due punti di svolta successivi. Pertanto, l'ampiezza della fase espansiva è la variazione percentuale del Pil misurata come scostamento percentuale tra il Pil osservato nel trimestre/anno del picco massimo e quello osservato nel trimestre/anno del minimo antecedente. Analogamente, l'ampiezza di una fase recessiva è la variazione percentuale (in questo caso negativa) tra il valore del Pil in corrispondenza del picco minimo e quella del Pil nel trimestre/anno del picco massimo antecedente.

Anche l'intensità è una caratteristica descrittiva riferibile solo alla sotto-fasi del ciclo economico. Essa esprime la rapidità della ripresa o la violenza di una recessione, e infatti misura il tasso di crescita medio osservato in una fase espansiva e il tasso di decrescita medio osservato nella fase recessiva. Di fatto si ottiene dividendo l'intensità della variazione del Pil osservata in ciascuna fase per la durata della fase stessa.

A titolo di esempio, riportiamo nella Tabella 1 la datazione del ciclo economico italiano per il periodo 1861-2016, così come elaborata in Bartoletto *et al.* (2017), che si può ritenere esemplificativa di una tipica rappresentazione descrittiva non parametrica della datazione ciclica nell'approccio NBER. Come si può notare, l'intero periodo 1861-2016 si è caratterizzato per un numero complessivo di 17 cicli economici, di durata variabile tra i 3 e i 35 anni. In generale, le fasi espansive si sono manifestate con una intensità e una durata maggiore di quelle recessive, coerentemente con i fatti stilizzati tipicamente riscontrati nell'analisi delle fluttuazioni cicliche. Si evidenziano solo due eccezioni, la crisi del 1929, quando la fase recessiva è durata più di quella espansiva, e il ciclo economico recente, 2007-2011, quando l'intensità della fase recessiva è stata molto più severa rispetto alla successiva fase espansiva. Un altro aspetto degno di nota è che alcuni cicli, in

particolare 1888-1913 e 1939-1974, spiccano per la loro particolarmente elevata durata.

Tabella 1. - *I turning points del Pil italiano, 1861-2016, dati annuali, approccio NBER*

	Punti di svolta (anno)			Durata (in anni)			Ampiezza (%)		Intensità (%)	
	Max	Max	Min	Down	Up	Ciclo	Down	Up	Down	Up
ciclo 1	1866	1870	1867	1	3	4	-7.8%	7.5%	-7.8%	2.5%
ciclo 2	1870	1875	1872	2	3	5	-3.2%	6.7%	-1.6%	2.2%
ciclo 3	1875	1883	1876	1	7	8	-1.9%	15.6%	-1.9%	2.2%
ciclo 4	1883	1888	1884	1	4	5	-0.8%	9.1%	-0.8%	2.3%
ciclo 5	1888	1913	1889	1	24	25	-2.5%	62.3%	-2.5%	2.6%
ciclo 6	1913	1917	1915	2	2	4	-8.9%	9.5%	-4.4%	4.7%
ciclo 7	1917	1920	1919	2	1	3	-8.7%	2.7%	-4.3%	2.7%
ciclo 8	1920	1926	1921	1	5	6	-2.9%	31.2%	-2.9%	6.2%
ciclo 9	1926	1929	1927	1	2	3	-1.9%	11.6%	-1.9%	5.8%
ciclo 10	1929	1932	1931	2	1	3	-5.1%	22.2%	-2.5%	22.2%
ciclo 11	1932	1935	1934	2	1	3	-1.4%	5.4%	-0.7%	5.4%
ciclo 12	1935	1939	1936	1	3	4	-3.5%	20.1%	-3.5%	6.7%
ciclo 13	1939	1974	1945	6	29	35	-43.9%	721.9%	-7.3%	24.9%
ciclo 14	1974	1992	1975	1	17	18	-2.1%	61.3%	-2.1%	3.6%
ciclo 15	1992	2002	1993	1	9	10	-0.9%	18.2%	-0.9%	2.0%
ciclo 16	2002	2007	2003	1	4	5	0.0%	6.7%	0.0%	1.7%
ciclo 17	2007	2011	2009	2	2	4	-6.6%	2.2%	-3.3%	1.1%

Fonte: adattata da Bartoletto *et al.* (2017).

Queste differenze tra i diversi cicli riportati nella Tabella 1, in termini di durata, ampiezza e intensità, risentono dei mutamenti strutturali che hanno interessato l'economia italiana, così come dei diversi shock esogeni che l'hanno colpita. Come ben dimostrato da Pagan (1997) la durata di un ciclo classico dipende dal rapporto tra due elementi: il tasso di crescita di lungo periodo e la dimensione degli shock. Il primo influenza positivamente la durata del ciclo, mentre il secondo tende a ridurla. Analogamente, anche le lunghezze relative

delle espansioni e delle contrazioni dipendono da questo rapporto. Inoltre, un altro elemento importante è la persistenza degli shock, nel senso che al crescere della persistenza aumenta la durata temporale del ciclo. Quando si esaminano periodi storici lunghi, come nel caso della Tabella 1, o si confrontano nazioni diverse, possono emergere differenze anche rilevanti nelle caratteristiche dei cicli economici, derivanti dagli aspetti evidenziati da Pagan (1997), che possono determinare anche il grado di simmetria tra fasi espansive e recessive in termini sia di ampiezza/intensità che di durata.

1.5. La datazione del ciclo secondo l'approccio del ciclo di crescita

Per quanto riguarda l'approccio noto come *ciclo di crescita* (Kydland e Prescott, 1982; Backus *et al.*, 1992), anche in questo caso il Pil è utilizzato come variabile di riferimento per la datazione ciclica basata su approcci univariati (si veda ad esempio BCE, 2002), e l'algoritmo di rilevamento dei punti di svolta è una versione semplificata della routine originale di Bry e Boschan (1971). Tuttavia qui terminano le analogie con il ciclo classico, poiché le fluttuazioni non sono più misurate esaminando l'andamento del livello del Pil, bensì la sua riduzione o il suo incremento rispetto ad un ipotetico trend di lungo periodo. Nell'approccio del "ciclo di crescita", infatti, i punti di svolta vengono identificati in riferimento alla cosiddetta componente ciclica del Pil, che si ottiene per sottrazione una volta ricostruito il trend di lungo periodo: per definizione, la componente ciclica non è altro che la differenza tra la serie osservata e il trend stimato. Se definiamo la serie del Pil osservato come Y_t e la stima del suo trend come Y_t^T , allora la componente ciclica è:

$$Y_t^C = Y_t - Y_t^T \quad (1.1)$$

Questo approccio, infatti, definisce il ciclo economico come le fluttuazioni dell'attività economica attorno al suo sentiero di crescita di lungo periodo (trend). La componente ciclica, Y_t^C , può essere positiva o negativa; nel primo caso il Pil è al di sopra del suo trend di lungo periodo, nel secondo caso invece il Pil è al di sotto del trend. Pertanto, l'identificazione dei punti di svolta richiede la datazione della componente ciclica, ovvero l'identificazione dei *turning points* nella serie storica depurata dal suo trend. Nella Figura 3 si riporta una rappresentazione schematica dell'andamento del Pil e

del suo trend, che ci aiuta a qualificare le diverse fasi del ciclo. Facendo riferimento alla figura, si identificano sull'asse delle ascisse alcune date che ci aiutano, utilizzando la terminologia OCSE, a qualificare quattro fasi nel ciclo economico:

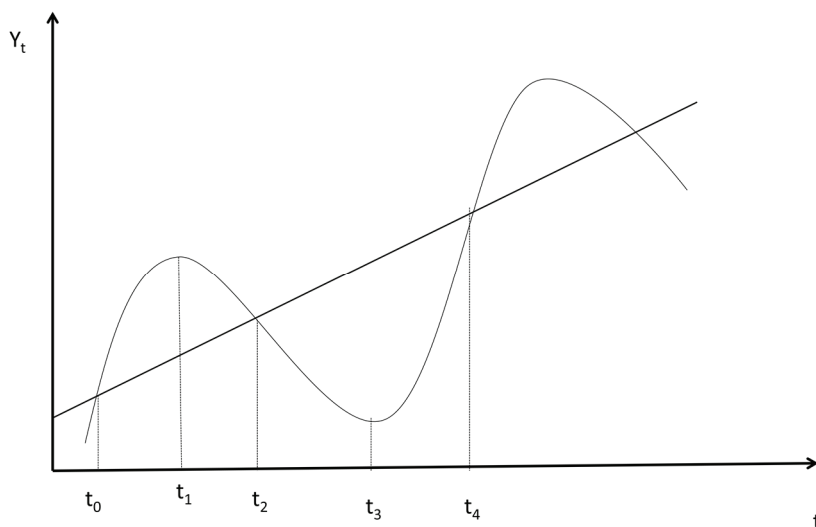
i) il periodo che va da t_0 a t_1 è la fase di espansione: l'attività economica aggregata è al di sopra del livello di trend, la componente ciclica ha inclinazione positiva, vale a dire il livello di attività economica sta crescendo più velocemente del trend;

ii) il periodo che va da t_1 a t_2 è la fase di rallentamento: l'attività economica aggregata è ancora al di sopra del trend, ma la componente ciclica adesso non ha più pendenza positiva;

iii) il periodo che va da t_2 a t_3 è la fase di contrazione: il Pil è al di sotto del trend e la componente ciclica ha pendenza negativa, l'economia sta avviandosi a raggiungere il minimo del ciclo;

iv) il periodo che va da t_3 a t_4 è la fase di ripresa: l'attività economica è sotto il suo trend, ma in miglioramento, infatti la componente ciclica, per quanto negativa ha però pendenza positiva.

Figura 3. – *Rappresentazione stilizzata del business cycle*



Nella datazione ciclica basata sull'approccio ciclo di crescita, quindi, una fase recessiva può essere caratterizzata da un tasso di crescita positivo del Pil, quando ci si trova cioè nella fase di ripresa, caratterizzata dal fatto che pur essendo il Pil in crescita, il suo livello è inferiore a quello del trend.

Nei lavori che utilizzano l'approccio *growth cycle* l'attenzione è tipicamente concentrata su alcune statistiche descrittive delle serie storiche misurate in deviazione dal trend, quali: correlazione contemporanea e massima, autocorrelazione, deviazione standard. Le variabili tipicamente prese in esame sono il Pil a prezzi costanti e le sue principali componenti di spesa, oltre ad alcune variabili fondamentali del mercato del lavoro (occupazione totale, tasso di disoccupazione e produttività del lavoro). Nella tabella 2 si riporta l'analisi riferita all'Italia per il periodo 1981-2016.

Tabella 2. - *Statistiche riassuntive sul ciclo economico dell'Italia, anni 1981-2012 (ciclo di crescita)*

Variabile	Correlazione contemporanea	Corr. Max ¹	Lead/lag ²	Dev st relativa ³	Autocorrelazione		
					Ritardo 1	Ritardo 2	Ritardo 3
Pil	1	/	/	/	0,87	0,65	0,40
C privati	0,66	0,66	Coinc.	0,95	0,60	0,43	0,26
C pubblici	0,59	0,59	Coinc.	0,74	0,53	0,38	0,22
Investimenti	0,84	0,84	Coinc.	2,74	0,72	0,51	0,28
EXP	0,74	0,74	Coinc.	3,77	0,71	0,56	0,37
IMP	0,79	0,79	Coinc.	3,68	0,73	0,55	0,33
Occupazione	0,37	0,68	Lag	0,52	0,19	-0,01	-0,20
D. Interna	0,83	0,83	Coinc.	1,17	0,71	0,52	0,30

Fonte: elaborazione dati Istat.

¹ La correlazione massima corrisponde al più alto coefficiente di correlazione (incluse le cross correlazioni).

² Indica se la variabile anticipa (leading) o segue il Pil (lagging) o è coincidente (coinc.).

³ In rapporto alla deviazione standard del Pil reale.

Le statistiche della Tabella 2 consentono di valutare, per ciascuna delle variabili riportate lungo le righe, la direzione di movimento durante le fluttuazioni cicliche, oltre che il grado di sincronizzazione con il Pil (questi aspetti verranno meglio commentati nel paragrafo seguente). Inoltre, dal rapporto fra la deviazione standard della componente ciclica della variabile

considerata e quella del Pil (colonna deviazione standard relativa) è possibile valutare se l'ampiezza delle oscillazioni della variabile è maggiore o minore di quella del Pil. In presenza di una deviazione standard relativa elevata si è di fronte a una variabile caratterizzata da variazioni ampie e improvvise durante il ciclo economico, come per esempio agli Investimenti. Infine, l'autocorrelazione consente di valutare se una specifica variabile presenta cambiamenti erratici da un periodo all'altro, nel qual caso l'autocorrelazione sarà molto bassa. Naturalmente, le statistiche evidenziate nella tabella 2 fanno riferimento alle sole componenti cicliche, misurate in deviazione dal trend.

1.6. La sincronizzazione: misurazione e interpretazione economica

La definizione di Burns e Mitchell sopra riportata contiene una caratteristica importante che riguarda il comportamento delle serie storiche macroeconomiche durante le fluttuazioni cicliche, la simultaneità delle fluttuazioni in diversi settori produttivi e/o in diverse variabili aggregate. Questa evidenza, messa in luce sin dai primi studi sulle fluttuazioni cicliche, è all'origine dei concetti di comovimento e sincronizzazione che sono oggetto di studio nelle analisi empiriche del ciclo economico. Mentre le caratteristiche del ciclo che abbiamo commentato sopra fanno riferimento al comportamento del Pil, le fluttuazioni economiche non si fermano al solo andamento del Pil. Infatti, la fluttuazione ciclica coinvolge anche altre variabili che caratterizzano l'equilibrio macroeconomico: l'occupazione, i tassi d'interesse, i prezzi, la spesa pubblica e le variabili di politica fiscale e monetaria, solo per citare le principali. Pertanto, l'analisi del comovimento e della sincronizzazione hanno per oggetto di studio il comportamento delle altre variabili economiche durante le fluttuazioni cicliche, rispetto alla variabile che esprime la datazione ciclica, ovvero il Pil. È chiaro, quindi, che l'analisi di sincronizzazione e comovimento può avvenire solo a valle della datazione ciclica, e può essere esaminata sia a seguito di datazione con approccio *NBER* che con approccio *growth cycle*.

Con il concetto di comovimento si intende valutare se una determinata variabile si muove nella stessa direzione del Pil oppure in direzione opposta. Per esempio, è intuitivo che al crescere del Pil aumenti l'occupazione e si riduca la disoccupazione, in altri termini, l'occupazione si muove nella stes-

sa direzione del Pil durante le fluttuazioni cicliche, mentre la disoccupazione si muove in direzione opposta.

Una semplice metrica che consente di valutare la direzione e l'intensità del comovimento è il coefficiente di correlazione, che misura l'intensità della relazione lineare tra due variabili, e, come noto, può essere positivo o negativo, ma sempre compreso nell'intervallo $(-1 : +1)$.

Confrontando la direzione di movimento di una variabile economica durante le fluttuazioni cicliche si usa definire la stessa come:

- prociclica se si muove nella stessa direzione del Pil: in questo caso il coefficiente di correlazione è positivo e statisticamente significativo;
- anticiclica se si muove nella direzione opposta al Pil: in questo caso il coefficiente di correlazione è negativo e statisticamente significativo;
- aciclica se durante le fluttuazioni cicliche il suo movimento è di intensità molto modesto: in questo caso il segno del coefficiente di correlazione è irrilevante, poiché esso non è statisticamente significativo.

In aggiunta alla direzione di movimento durante le fluttuazioni cicliche, è anche importante valutare se una specifica variabile presenta una dinamica temporale allineata con i punti di svolta del ciclo economico. Questo aspetto è valutato attraverso il concetto di sincronizzazione, che, attraverso opportune misure di statistica descrittiva (misure di cross-correlazione o correlazione incrociata), consente di valutare in quale sequenza temporale si allineano i punti di svolta di una specifica variabile rispetto alla datazione ciclica. Lo strumento per misurare tale sincronizzazione è la cross-correlazione, in cui si misura la correlazione tra il Pil e la variabile in esame applicando uno spostamento o traslazione temporale ad una delle due serie di uno o più intervalli di tempo. In particolare, le situazioni possibili sono tre:

- una variabile i cui punti di svolta anticipano i punti di svolta del ciclo è detta *leading*: la correlazione misurata in assenza di traslazione temporale (correlazione contemporanea) è più bassa rispetto a quella misurata tra il Pil e la variabile traslata indietro nel tempo di uno o più periodi (cross correlazione supera la correlazione contemporanea);
- una variabile i cui punti di svolta sono esattamente allineati con i punti di svolta del ciclo è detta *coincident*: la correlazione contemporanea è la più elevata di tutte le possibili cross correlazioni;
- una variabile i cui punti di svolta sono collocati in un istante temporalmente successivo rispetto ai punti di svolta del ciclo è detta *lagging*: la cor-

relazione contemporanea è più bassa rispetto a quella misurata tra il Pil e la variabile in esame traslata avanti nel tempo di uno o più periodi (cross correlazione supera la correlazione contemporanea).

Naturalmente, coerentemente con questa tassonomia, l'auspicio delle autorità di politica economica è quello di individuare variabili di tipo *leading*, tali da consentire di approntare con anticipo rispetto al manifestarsi del ciclo le opportune misure di stabilizzazione. Le variabili che tendono a spiegare in ritardo i punti di svolta hanno evidentemente un ruolo minore ai fini previsionali delle fluttuazioni cicliche.

Sebbene le caratteristiche di sincronizzazione e comovimento fanno riferimento ad entrambi gli approcci, l'utilizzo della correlazione come metrica per quantificarle rende problematica e meno affidabile l'interpretazione dei risultati in un contesto di ciclo classico. Infatti, se la correlazione e la cross correlazione sono misurate rispetto alle variabili espresse in livello, ci sono forti rischi che il risultato sia influenzato dal problema di correlazione spuria, dovuto alla eventuale presenza di trend stocastici comuni. Un modo molto semplice di evitare questo problema è quello di utilizzare i tassi di crescita delle variabili per misurare le correlazioni contemporanee ed incrociate. Un metodo alternativo, che verrà illustrato nel capitolo 3, fa riferimento alle misure di concordanza introdotte da Harding e Pagan (2002).

1.7. Riflessioni di sintesi in tema di datazione ciclica

Nell'ambito del ciclo classico i picchi minimi sono identificati quando la serie del Pil passa da una fase di declini assoluti a una di incrementi assoluti. L'utilizzo di questo approccio può portare, in alcuni casi, all'impossibilità di individuare cicli completi: in presenza di intervalli campionari brevi, o di frequenze di rilevazione ampie, il risultato potrebbe essere in parte falsato (si pensi a cicli di durata intra-annuale che sarebbero necessariamente trascurati utilizzando dati annuali). Inoltre, in paesi caratterizzati da un sentiero di crescita stabile, come nelle economie avanzate, il concetto di ciclo di crescita appare più consono a valutare le effettive performance economiche da misurare come deviazioni da un sentiero di crescita bilanciata.

D'altro canto, nell'approccio ciclo di crescita la corretta identificazione della componente di trend è un passaggio tecnico cruciale. Si tratta di un aspetto particolarmente critico quando il trend delle variabili non può essere considerato costante ma è esso stesso generato da un processo stocastico. Il

problema non è di poco conto perché, in questo caso, anche il trend contribuisce alle fluttuazioni osservate, proprio perché è esso stesso soggetto a continue e imprevedibili variazioni, che potrebbero erroneamente essere inserite nella componente ciclica. Il tema è di rilevante interesse da un punto di vista di policy: quando si osserva un cambiamento nel Pil, per esempio, è importante discernere se esso sia riconducibile a variazioni nella componente di bassa frequenza (un cambiamento di trend) oppure se si tratti di fluttuazioni transitorie, ascrivibili alla componente di alta frequenza.

Le tecniche di stima del trend saranno approfonditamente trattate nel capitolo 2. Inoltre, una volta accertato che il trend ipotizzato sia il migliore possibile, un numero di osservazioni deve essere “gettato via” alle due estremità del campione.

Un metodo alternativo è quello di assumere che la componente ciclica sia rappresentata dal tasso di crescita della serie e che la differenziazione elimini il tasso di crescita a lungo termine della serie (il suo trend). Nonostante il merito della semplicità, l'applicazione di questo metodo ha implicazioni molto forti. Così facendo implicitamente si assume che il tasso di crescita tendenziale sia un *random walk*, che la serie originaria sia $I(1)$, e che la migliore stima del trend sia il valore passato osservato della serie.

La metodologia del ciclo classico è utilizzata sia negli USA per la datazione ufficiale, da parte dell'istituto NBER, che in sede europea, da parte dell'istituto CEPR/EABCN. Uno dei principali vantaggi che suggerisce l'utilizzo dell'approccio classico nella datazione ufficiale del ciclo economico è che questa datazione, a differenza di quella basata su metodologie che richiedono la rimozione del trend, non risente in alcun modo dell'intervallo campionario disponibile, e quindi la datazione non varia quando vengono incluse nuove osservazioni campionarie.

Tuttavia, in sede internazionale, la procedura di datazione secondo il ciclo di crescita è utilizzata dall'OCSE e dalla BCE. In riferimento alla costruzione degli indicatori compositi leading (OECD CLI system), l'OCSE si basa sull'approccio “ciclo di crescita”, e i punti di svolta vengono misurati e identificati in riferimento al Prodotto interno lordo.

CAPITOLO 2

LE TECNICHE DI RIMOZIONE DEL TREND: BREVE DESCRIZIONE ED APPLICAZIONI

2.1. Introduzione

La scelta di una procedura di detrendizzazione può essere piuttosto influente nell'analisi delle fluttuazioni cicliche. Infatti, come ben evidenziato da Canova (1998), i fatti stilizzati dei cicli economici variano ampiamente sia quantitativamente che qualitativamente, poiché i diversi filtri estraggono diversi tipi di informazioni dai dati. Canova (2007) classifica i metodi di detrendizzazione in tre gruppi: metodi statistici, metodi economici, e metodi ibridi. I primi sono basati su procedure tipiche dell'analisi delle serie storiche che portano all'individuazione della componente ciclica. I secondi invece, si basano su assunzioni derivanti da teorie economiche per individuare la componente ciclica di una variabile macroeconomica. Nel terzo raggruppamento rientrano metodi che sono di natura statistica ma hanno un qualche assunto economico da rispettare che influenza l'individuazione del ciclo. Rispetto a tale tassonomia, le tecniche di rimozione del trend che tratteremo in questo capitolo sono classificate tra quelle di tipo ibrido, e facciamo riferimento a Canova (2007) per una disamina delle altre metodologie.

2.2. La trasformazione di una serie storica attraverso i filtri

In generale, data una serie storica y_t , un filtro non è altro che una funzione $g(y_t)$ che trasforma la serie originaria in una serie con caratteristiche differenti da quella di partenza. Tipicamente, in analisi ciclica, l'obiettivo è ottenere una serie filtrata che presenti un andamento più regolare e smussato rispetto a quella originaria. Inoltre, i filtri utilizzati in analisi ciclica sono lineari, nel senso che la serie y_t entra con esponente unitario nella funzione $g()$.

Per esempio, un possibile filtro lineare, x_t , applicato alla serie y_t , è la somma pesata di y_t osservata in diversi istanti di tempo precedenti (per esempio da y_{t-1} fino a y_{t-k}) e successivi al tempo t (per esempio da y_{t+1} fino a y_{t+l}), e ciascuna delle componenti della somma ha un suo peso, rappresentato dai parametri ω_j :

$$x_t = \sum_{j=-k}^l \omega_j y_{t-j} \quad t = k+1, \dots, T-l \quad (2.1)$$

I pesi ω_j sono talvolta scelti in modo tale da sommare ad uno, come ad esempio nel caso della media mobile pesata di questo esempio:

$$x_t = \frac{1}{8}y_{t-2} + \frac{1}{4}y_{t-1} + \frac{1}{4}y_t + \frac{1}{4}y_{t+1} + \frac{1}{8}y_{t+2} \quad (2.2)$$

Nell'esempio riportato l'intervallo temporale preso a riferimento nella sommatoria è simmetrico, in altri termini $k = l$ nell'equazione (2.1), e quindi la media mobile è centrata su ciascuno specifico istante temporale, che è esso stesso incluso nella somma pesata, come si vede nell'esempio utilizzato nell'equazione (2.2).

Nell'analisi delle fluttuazioni cicliche, le tecniche di filtraggio hanno come obiettivo, data una serie storica, quello di rimuovere il trend, o andamento permanente o di lungo periodo della serie, e isolare quella viene definita componente di breve periodo o ciclica.

Solitamente, nell'analisi delle fluttuazioni cicliche, la componente di breve periodo è identificata da cicli stocastici di durata compresa tra 6 e 32 trimestri (ovvero compresi tra 1 anno e mezzo e 8 anni). Questa è la definizione di cicli brevi, connotata alla natura dei *business cycle*. La recente letteratura, anche e soprattutto in riferimento ai cicli finanziari, ha però evidenziato che oltre alle oscillazioni di tale durata, siano particolarmente efficaci, ai fini della corretta analisi empirica, anche oscillazioni cicliche di durata superiore, i cosiddetti cicli medi (*medium cycles*).

In generale in un contesto univariato, quando cioè ci si sofferma su una singola variabile per determinarne la componente ciclica, le tecniche di filtraggio si distinguono in filtri a banda alta (*high-pass*), filtri a banda bassa (*low-pass*), filtri a banda misti (*band pass*). La differenza consiste nel tipo di frequenza che viene rimossa attraverso il filtro: nei filtri *high-pass* si rimuove la componente di alta frequenza (quella ciclica), e la serie filtrata restitui-

ta è una stima del trend (o basse frequenze); al contrario, nel caso di filtri *low-pass* si rimuove la componente di bassa frequenza (quella di lungo periodo); infine, nei filtri a banda mista (*band-pass*) la serie filtrata si ottiene rimuovendo sia alte che basse frequenze, in quanto si imposta un intervallo di “banda” che si intende escludere.

Per calcolare la componente ciclica di una singola variabile, nell’ambito dell’approccio “ciclo di crescita” esistono diversi metodi di filtraggio non parametrico, tra cui i più utilizzati sono: il filtro sviluppato da Hodrick e Prescott (1997), detto anche filtro HP (filtro *high-pass*); i filtri proposti da Baxter e King (1999) e Christiano e Fitzgerald (2003), che sono entrambi filtri *band-pass*. Tutte le procedure elencate rientrano tra i metodi non parametrici e univariati per la stima della componente ciclica. Le tecniche di filtraggio utilizzate per l’analisi delle fluttuazioni cicliche non sono un’invenzione della letteratura economica, bensì il risultato dell’applicazione di tecniche utilizzate in matematica e in fisica. In questi ambiti sono anche utilizzati filtri *low-pass*, e i principali sono quello ideale, quello di Butterworth e quello Gaussiano.

2.3. Dominio temporale e dominio delle frequenze

Un problema di base nell’analisi del ciclo economico risiede nella corretta individuazione della durata delle componenti cicliche. I metodi di detrendizzazione che abbiamo illustrato finora si basano sull’analisi di una specifica serie storica, individuano le caratteristiche, per lo più di durata, delle componenti cicliche e procedono alla loro individuazione. Così facendo, però, non si va a verificare se la frequenza ciclica individuata/prescelta, sia effettivamente quella che meglio coglie i movimenti di breve periodo/alta frequenza della serie in esame.

Un approccio alternativo parte dall’analisi spettrale per individuare le frequenze maggiormente ricorrenti, per poi procedere all’individuazione del ciclo della serie. Quando una serie viene esaminata nel dominio di frequenza (*frequency-domain*), la sua funzione di autocovarianza viene scomposta in cicli stocastici indipendenti che si ripetono con una frequenza λ , definita nell’intervallo $[-\pi, +\pi]$. In questo senso, quindi, il dominio della variabile stocastica non è più il tempo, bensì l’intervallo su cui la frequenza λ è definita. In questa diversa impostazione risiede la differenza tra l’approccio *time-domain* e quello *frequency-domain*, che verrà brevemente descritta qui

di seguito¹. L'analisi spettrale di una serie storica esamina il comportamento della serie senza prendere in esame la sequenza temporale delle osservazioni (astrae cioè dalla variabile tempo/*time domain*) e concentra invece l'attenzione sulla frequenza con la quale le diverse osservazioni della serie si ripetono (*frequency domain*). Naturalmente, per poter procedere all'analisi nel dominio della frequenza, è necessario preliminarmente procedere a una rielaborazione della serie storica oggetto di analisi. A questo scopo si ricorre al teorema di Fourier, che consente di stabilire una relazione tra l'autocorrelazione di un processo stocastico stazionario (si noti che l'autocorrelazione è una metrica tipica del dominio temporale di una serie storica) e la rappresentazione nel dominio della frequenza del medesimo processo stocastico, che solitamente viene denominata *spettro* della funzione. Il vantaggio della rappresentazione spettrale, ai fini dell'analisi delle fluttuazioni cicliche, è duplice: in primo luogo, si può quantificare il contributo alla varianza complessiva del processo stocastico di ciascuna possibile frequenza ciclica (senza imporre, quindi, a priori alcuna ipotesi sulla durata tipica di una fluttuazione ciclica); in secondo luogo, l'analisi nel dominio di frequenza consente anche di testare alcune ipotesi sulle caratteristiche delle fluttuazioni cicliche con una logica inferenziale.

La funzione di densità spettrale sintetizza, nel dominio della frequenza, la funzione di autocorrelazione di un processo stocastico stazionario, con autocovarianza di ordine j definita da γ_j , come segue:

$$f_y(\lambda) = (2\pi)^{-1} \sum_{j=-\infty}^{\infty} \gamma_j e^{-i\lambda j} = (2\pi)^{-1} \left(\gamma_0 + 2 \sum_{j=1}^{\infty} \gamma_j \cos(\lambda j) \right) \quad (2.3)$$

dove i indica il numero immaginario $\sqrt{-1}$ e il parametro λ , compreso tra $-\pi$ e π individua la frequenza delle fluttuazioni (misurata però in radianti) che si intende modellare². Il teorema di inversione Fourier consente anche, a partire

¹ Per una trattazione maggiormente approfondita si rimanda a Christiano e Fitzgerald (1998) che unisce ai vantaggi di una trattazione efficace un'analisi non eccessivamente tecnica.

² In presenza di variabili complesse, che contengono, cioè una parte reale e una immaginaria, come nel caso dell'equazione (2.3), è possibile darne una rappresentazione grafica attraverso le coordinate polari. In pratica, la distanza di una generica variabile immaginaria $z = x + iy$ dall'origine è individuata dal modulo di z , indicato come $|z|$. In alternativa, a partire dalla coordinata reale di z sull'asse orizzontale, si può identificare un angolo di ampiez-