



**PEGASO**

Università Telematica

**“METODI DI PREVISIONE ECONOMICA A  
BREVE PERIODO”**

**PROF. EMANUELE CORLETO**

# Indice

<b>1</b>	<b>QUADRO D'INSIEME</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUZIONE ALL'ANALISI STOCASTICA DELLE SERIE TEMPORALI</b> .....	<b>10</b>



*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

# 1 Quadro d'insieme

Volendo tracciare in poche pagine un quadro dei metodi statistici di previsione economica non è evidentemente possibile essere esaurienti. Una introduzione corretta dell'argomento non dovrebbe sorvolare su aspetti teorici importanti relativi al senso e alla portata dei nessi che intercorrono fra statistica, induzione e previsione o su questioni non soltanto lessicali come la distinzione fra previsione e predizione (ed anche fra proiezione e prospettiva), fra termini, cioè, impiegati non di rado come sinonimi. Se da questo punto di vista ci limitiamo a consultare il «Vocabolario» dell'Istituto dell'Enciclopedia Italiana, rileviamo che prevedere significa supporre ciò che avverrà o come si svolgeranno in futuro gli eventi basandosi su indizi più o meno sicuri, su induzioni, ipotesi o congetture; e che predizione vuole dire annunciare in precedenza l'avverarsi di cose future per ispirazione profetica, divina, paranormale (o affermate tali), in seguito a ipotesi o induzioni fondate su esperienze pregresse, o sulla base di calcoli e dati scientifici.

La differenza fra i due termini è netta. Ma ciò di cui si deve tenere conto è che la differenza di fondo fra la previsione scientifica e altre forme di previsione (in particolare di predizione o profezia) va ricercata sia nel modo di osservare le cose esistenti sia nella deduzione sulla loro base di eventi futuri secondo regole di correttezza ritenute costitutive per la pratica scientifica, regole che la comunità dei ricercatori ha elaborato e riconosce.

In campo economico e sociale è necessario superare l'illusione di giungere a previsioni certe. L'obiettivo che normalmente ci si prefigge è di leggere il futuro con il proposito di intervenire per modificarlo, secondo un'ottica in cui la previsione tende ad assumere una funzione essenzialmente normativa. L'analisi dei futuri possibili - poiché sono questi che interessano il previsore sia esso policy maker, operatore economico o ricercatore - è importante soprattutto al fine di individuare il futuro desiderabile e di mettere in atto le strategie necessarie per raggiungerlo.

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

Da un punto di vista operativo, il ricercatore ha la possibilità di scegliere tra diversi procedimenti di previsione basati per lo più su modelli che, in una prima fase, assumono come valide per il futuro relazioni verificate nel passato e che, in una fase successiva, possono essere utilizzati per formulare delle ipotesi su alcune delle possibili modificazioni dei parametri che connotano le relazioni stesse. In pratica, i margini di discrezionalità di chi fa la previsione sono abbastanza ristretti.

I metodi di previsione sono numerosi ed utilizzano uno strumentario tecnico molto ampio e sempre più sofisticato. Ai fini di una esposizione ordinata conviene quindi introdurre alcune distinzioni: la prima relativa al tipo di approccio che può essere seguito, alternativamente estrapolativo, proiettivo o normativo; la seconda che riguarda in modo più specifico la classificazione dei vari metodi.

Secondo la prima distinzione si può sinteticamente osservare che:

1. l'approccio estrapolativo si basa sull'ipotesi di invarianza nel corso del tempo dell'andamento delle variabili del modello;
2. l'approccio proiettivo punta a prefigurare che cosa si riscontrerebbe nel caso in cui si verificassero determinati eventi;
3. l'approccio normativo punta, a sua volta, come è già stato osservato, alla individuazione di quelle strategie di intervento che dovrebbero consentire il raggiungimento di uno o più obiettivi fra quelli ritenuti possibili.

Gli schemi classificatori dei metodi di previsione più utilizzati in letteratura fanno riferimento soprattutto:

1. all'orizzonte temporale della previsione, distinguendo fra previsioni a breve termine e previsioni a medio o a lungo termine;
2. alla natura delle informazioni elaborate, che porta a considerare separatamente le previsioni qualitative e le previsioni statistiche o quantitative.

La distinzione fra breve e lungo termine implica differenze che dipendono non soltanto dalla durata dell'intervallo della previsione, ma anche dal tipo di analisi che viene effettuata e dagli obiettivi che ci si prefigge di raggiungere.

Nel prospetto che segue sono indicati i principali metodi di previsione economica distinti simultaneamente secondo i due schemi di classificazione appena illustrati.

Tipo di informazioni	Orizzonte temporale	
	breve	medio o lungo
<b>qualitative</b>	sondaggi campionari	<i>Delphi</i> scenari
<b>quantitative</b>	metodi grafici metodi compositivi metodo di Box-Jenkins modello input-output modello di regressione modelli econometrici filtri	

I metodi qualitativi si fondano essenzialmente su elementi come l'esperienza e il giudizio personale. Di questi va pertanto sottolineato il limite della soggettività e i rischi inevitabili che da essa conseguono; limite, del resto, dal quale non vanno del tutto esenti neppure i metodi statistici.

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

Fra i metodi più usati nelle previsioni economiche a breve termine vanno compresi i sondaggi di opinione, di grande attualità nel campo delle analisi congiunturali e nel marketing commerciale e politico. Il sondaggio si realizza, in pratica, tramite interviste dirette o telefoniche su un campione di imprese, di persone o di famiglie convenientemente selezionato dalle rispettive popolazioni. È appena il caso di sottolineare che se, e solo se, il campione è di tipo probabilistico si ottengono stime di parametri della popolazione che con un prefissato grado di probabilità ed un accettabile margine di errore sono estensibili all'intera popolazione.

In Italia esempi di sondaggi effettuati a scopi previsivi sono l'inchiesta congiunturale presso le industrie sulle aspettative per i successivi tre-quattro mesi e quella presso le famiglie per valutarne il clima di fiducia nei confronti dell'andamento dell'economia condotte mensilmente dall'ISCO.

Sempre nel novero delle previsioni qualitative, meritano di essere segnalati il metodo Delphi, una procedura molto flessibile che nel campo tecnologico e in quello economico ha fornito risultati interessanti, e il metodo degli scenari.

Il metodo Delphi consiste, in pratica, nel sottoporre per iscritto ad un gruppo di esperti uno o più quesiti sui quali essi devono fornire successive valutazioni. Presupposto di fondo del Delphi è che l'analisi migliore di un fenomeno complesso si ottiene dal giudizio di un campione continuativo di esperti, che dovrebbe garantire rispetto ai rischi connessi al giudizio di una sola persona. Si presume, in sostanza, che le risposte fornite dagli esperti risulteranno via via modificate in rapporto ad un processo di apprendimento che dovrebbe condurre ad esprimere una valutazione di gruppo coerente. L'obiettivo finale è di ottenere una qualche forma di consenso o, quanto meno, una distanza minore fra le posizioni conclusive rispetto a quelle iniziali (convergenza di opinioni). Al contrario di quanto avviene nel brainstorming (letteralmente confronto di cervelli), gli esperti non si

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

confrontano direttamente e non comunicano fra di loro. Le osservazioni di ognuno, rielaborate dal conduttore dell'intera operazione, vengono trasmesse agli altri in forma anonima, con l'evidente obiettivo di evitare effetti di leadership. La scelta degli esperti e la conduzione del procedimento costituiscono i punti chiave, al tempo stesso di forza e di debolezza, del metodo.

Il metodo degli scenari si prefigge essenzialmente di esaminare con sistematicità le possibili conseguenze di alcune situazioni future e di individuare le condizioni per il loro verificarsi. Si tratta quindi di un metodo collocabile fra le previsioni di tipo normativo. Presupposto di fondo del metodo degli scenari è che siano prefigurabili diversi futuri compatibili con il presente. Nella sostanza, si punta ad immaginare situazioni ipotetiche coerenti al loro interno rispetto ad un insieme di ipotesi specifiche, cercando al tempo stesso di valutare le possibilità alternative per impedire il verificarsi di sviluppi indesiderati.

Il metodo si distacca nettamente dalla semplice estrapolazione di tendenze passate, vale a dire da un tipo di operazione che si traduce inevitabilmente nella forma di un'unica previsione, la cui validità potrebbe al massimo manifestarsi nel breve periodo. Punta, al contrario, allo studio dei futuribili, vale a dire di un insieme di futuri plausibili determinati dal diverso possibile evolversi delle variabili chiave. Non una sola previsione, quindi, ma un insieme di previsioni possibili.

Il vantaggio peculiare del metodo consiste nella possibilità di integrare approcci e tecniche anche molto diversi fra loro in un processo di ricerca interattivo.

Il contributo della metodologia statistica alle previsioni è duplice: da un lato, con la proposta di metodi che fanno riferimento a strutture identificabili nei dati osservati, assunti quindi come base per generare previsioni; dall'altro, con la messa a punto di criteri e misure per la valutazione ex post della qualità delle previsioni stesse.

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

L'ipotesi di fondo da cui muovono implicitamente i metodi statistici di previsione è che il futuro è influenzato dal passato. Va tuttavia precisato che nell'ambito dei fenomeni economici e sociali il futuro non è interamente prevedibile sulla base della conoscenza del passato. Questo significa, in altre parole, che il valore futuro di una variabile può essere previsto in base ai valori che la variabile ha assunto nel passato, ma che questa conoscenza non garantisce una previsione esatta.

Di per sé, tale notazione contiene una semplificazione forse eccessiva, ma certamente utile per chiarire i termini essenziali del problema. Come si evince dal prospetto precedente, i metodi statistici utilizzabili per le previsioni a breve termine sono vari e in parte già noti (i modelli di regressione lineare semplice e multipla diffusamente trattati nei corsi di Statistica e i procedimenti decompositivi delle serie temporali, illustrati in precedenza). Nelle pagine che seguono viene introdotta, nelle sue linee generali, l'analisi stocastica delle serie temporali e nei prossimi capitoli verrà trattato il modello input-output.

La previsione economica a breve termine può avvenire anche tramite modelli macroeconomici che descrivono in forma semplificata la struttura del sistema mediante identità contabili, relazioni di natura tecnologica (come la funzione di produzione) e relazioni comportamentali derivate dalla teoria economica. Dati i valori delle variabili esogene che definiscono il quadro da indagare e i parametri delle equazioni è possibile determinare le previsioni, cioè le soluzioni del sistema di equazioni dinamiche che costituiscono il modello.

L'elemento caratterizzante delle previsioni basate su modelli è l'utilizzo estensivo della teoria economica. Non deve quindi sorprendere la grande varietà di modelli proposti: da quelli di grandi dimensioni di 1.000-1.500 equazioni, che descrivono in dettaglio il funzionamento dell'economia, ma che difficilmente possono essere compresi nei loro meccanismi, ai modelli core,

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*



composti anche di sole 10 equazioni, che si propongono più semplicemente di illustrare la logica di funzionamento dei modelli di maggiore dimensione.

Limitandoci al caso italiano, l'elenco dei principali modelli econometrici utilizzati attualmente per fare previsioni comprende il modello trimestrale della Banca d'Italia e quello dell'associazione di ricerche economiche Prometeia. Tra i modelli annuali sono da ricordare il modello della Confindustria e il modello CER-Greta. Altri modelli a cadenza mensile si prestano meglio all'analisi e alle previsioni del mercato monetario e finanziario .



## 2 Introduzione all'analisi stocastica delle serie temporali

L'analisi stocastica delle serie temporali si fonda sul presupposto che le osservazioni di un fenomeno nel corso del tempo siano generate da una struttura probabilistica che, ovviamente, al ricercatore è sconosciuta, ma della quale è possibile stimare su base inferenziale i parametri mediante lo studio dei legami temporali riconoscibili fra i dati osservati. A tale fine si ricorre ad una procedura messa a punto da Box e Jenkins che utilizza modelli di tipo ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average). L'approccio stocastico delle serie temporali sviluppa un tipo di analisi capace di inglobare in maniera più efficiente di altri le informazioni contenute nelle osservazioni recenti della serie temporale considerata ed è questo uno dei motivi che lo rendono particolarmente adatto per le previsioni a breve termine.

I capisaldi della complessa teoria a cui fa riferimento la procedura di Box e Jenkins sono le nozioni di funzione di autocorrelazione globale e di autocorrelazione parziale e la conoscenza di una classe particolare di processi stocastici a parametro discreto che risultino al tempo stesso stazionari, gaussiani, invertibili ed ergodici.

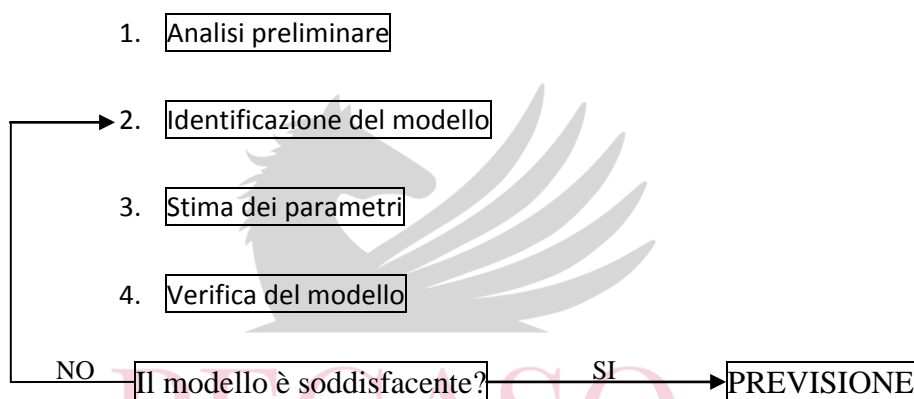
Trattandosi di concetti che non è agevole illustrare in poche pagine con semplicità e chiarezza se non a scapito del necessario rigore formale, consideriamo utile, se non addirittura indispensabile, per una migliore comprensione ed i necessari approfondimenti la consultazione sistematica dell'opera originale di G.E.P. Box e G.M. Jenkins .

Le fasi preliminari della procedura di Box e Jenkins sono dirette essenzialmente all'individuazione e alla correzione di dati anomali e all'eventuale recupero della tendenziale stazionarietà in media e in varianza della serie osservata, che è condizione necessaria per poter

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

applicare la procedura stessa. Successivamente si procede alla scelta nella classe assai ampia dei modelli ARIMA di quello che riproduce al meglio la serie osservata, dopodiché le fasi operative sono quelle usuali dell'adattamento di un modello statistico e cioè la stima dei parametri, il controllo delle ipotesi, l'analisi dei residui e la previsione. La procedura, come è indicato con chiarezza nel grafico, è di tipo ricorsivo.

Figura 1 - Fasi della procedura di Box e Jenkins



Per procedere è indispensabile chiarire in primo luogo il concetto di processo stocastico, nonché il significato e la portata delle proprietà che la particolare classe dei processi stocastici a cui viene fatto riferimento devono possedere.

La nozione di processo stocastico nasce dall'esigenza di descrivere l'evoluzione temporale di un fenomeno regolata da leggi aleatorie, cioè da leggi non compiutamente conosciute o comunque non formulate in modo deterministico. Un processo stocastico o aleatorio identifica una famiglia di variabili casuali ordinate secondo il tempo. Le variabili casuali sono quindi descritte da un parametro  $t$  appartenente ad un determinato insieme  $T$ , che è appunto l'insieme dei suoi possibili valori. In questo contesto si può definire la serie temporale effettivamente osservata  $z_t$ , o anche  $z(t)$

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

con  $t = 1, 2, \dots, n$ , una particolare realizzazione finita di un processo stocastico assunto come il meccanismo che la genera.

La conoscenza del processo stocastico generatore equivale alla conoscenza di tutte le distribuzioni congiunte di probabilità delle variabili aleatorie  $Z(t)$ . Ciò è generalmente molto difficile da ottenere, per cui ci si limita a prendere in esame la media, la varianza e l'autocovarianza.

L'autocovarianza di un processo stocastico stazionario assume un ruolo fondamentale in quanto è un indice delle relazioni lineari esistenti fra variabili casuali con sfasamento uguale a  $k$ .

Le serie economiche temporali presentano solitamente una sola osservazione per ogni indice temporale corrispondente al processo, il che rende particolarmente complesso il procedimento inferenziale. È necessario quindi restringere la classe dei processi stocastici a cui fare riferimento introducendo alcuni vincoli ovvero limitandosi a quei processi che godono di particolari proprietà.

Il processo che si considera deve risultare:

- a) stazionario ovvero con media e varianza costanti nel tempo e autocovarianza altrettanto indipendente dal tempo che varia quindi soltanto al variare di  $k$ . Si tratta di un requisito particolarmente importante perché assicura che il processo invariante nel tempo è completamente caratterizzato dalla conoscenza della media, della varianza e della matrice delle autocovarianze. Particolare rilevanza in questo contesto assume un particolare tipo di processo stocastico stazionario puramente aleatorio, denominato rumore bianco (white noise), che si configura come una sequenza di prove indipendenti effettuate sulla stessa variabile casuale  $at$ , con media e varianza costanti e autocovarianze nulle;
- b) gaussiano, nel senso che risultino normali le distribuzioni di probabilità delle variabili casuali che formano il processo stesso;

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

- c) ergodico. L'ergodicità pone questioni abbastanza complesse, difficili da chiarire senza ricorrere ad un sofisticato apparato matematico. Sostanzialmente l'ergodicità di un processo è l'equivalente della proprietà di consistenza degli stimatori. Di conseguenza, l'aspetto rilevante da sottolineare è che nei casi in cui il processo sia stazionario e le condizioni di ergodicità verificate dai dati della serie osservata si possono ricavare stime consistenti (cioè via via più precise all'aumentare del numero delle osservazioni) dei parametri che caratterizzano il processo stesso. In termini intuitivi, si può dire che un processo è ergodico quando non possiede memoria; in altri termini, si ha ergodicità quando la autocovarianza tende a zero al crescere dello sfasamento temporale  $k$ .
- d) invertibile, un processo stocastico viene definito invertibile se può essere espresso come una funzione delle variabili aleatorie precedenti e dalle innovazioni che si sono incorporate nella dinamica del processo.

Introduciamo a questo punto le nozioni di funzione di autocorrelazione globale e parziale, che vengono prevalentemente utilizzate per consentire la specificazione di particolari modelli statistici sulla base dei dati osservati della serie: in una serie temporale vi è autocorrelazione (globale) quando i valori  $Z_t$  della variabile considerata risultano correlati (positivamente o negativamente) con i valori  $Z_{t+k}$ . Quando  $k$  è uguale a uno l'autocorrelazione è del primo ordine; quando è uguale a due del secondo ordine e via dicendo.

L'autocorrelazione parziale di ordine  $k$  definisce, invece, la correlazione tra  $Z_t$  e  $Z_{t+k}$  al netto degli effetti delle variabili intermedie, comprese cioè tra  $Z_t$  e  $Z_{t+k}$ .

Gli aspetti cruciali che emergono da quanto è stato finora precisato sono, in sintesi:

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

- che è possibile stabilire una analogia fra la serie temporale osservata ed un campione casuale, eventualmente diversi soltanto per l'ordine cronologico o meno di successione delle osservazioni;
- che l'analisi delle proprietà dei processi stocastici si basa sulle funzioni di autocorrelazione globale e parziale nel senso che le condizioni di stazionarietà e di invertibilità del processo assicurano la corrispondenza tra modello e funzione di autocorrelazione, mentre la condizione di normalità garantisce l'equivalenza tra la conoscenza della funzione di autocovarianza e la conoscenza del processo stesso.

L'analogia richiamata consente di osservare che se ad un collettivo statistico, una volta fissato il criterio di selezione casuale, corrisponde un dato universo dei campioni uno dei quali è quello osservato, allo stesso modo di un processo stocastico che genera un insieme di serie temporali quella osservata può essere considerata in tutto equivalente al campione estratto con procedimento casuale. Di conseguenza, se dietro ad un campione casuale c'è sempre una popolazione caratterizzata da alcuni parametri ignoti (che si stimano tramite l'osservazione campionaria), così la serie temporale osservata è configurabile come realizzazione finita di un qualche processo stocastico sottostante, altrettanto sconosciuto, del quale è plausibile tentare di stimare alcune caratteristiche a partire dalle informazioni fornite dalla serie stessa. Per essere più precisi, si punta alla individuazione di un modello statistico con caratteristiche e proprietà simili a quelle del meccanismo generatore del processo, modello che sarà poi utilizzato per fare la previsione.

Come è già stato precisato, il modello viene scelto all'interno della classe dei modelli ARIMA, la cui importanza ai fini dell'analisi delle serie temporali trae origine dalla loro capacità di descrivere un fenomeno in funzione dei valori passati della variabile che lo rappresenta, di fattori

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

casuali e del miscuglio dei loro effetti. In altri termini, e per cercare di essere più chiari, mentre nel modello di regressione si punta a spiegare la variabile di interesse tramite altre variabili, con i modelli ARIMA si cerca di spiegarla con i valori passati e il caso.

Con il procedimento di Box e Jenkins si fa riferimento a due serie, e cioè alla serie osservata di un dato fenomeno nel tempo e alla serie teorica che viene ricavata dal modello. Utilizzando i dati (campionari) della serie empirica si ottengono con convenienti procedure statistiche stime dei parametri che ne caratterizzano il processo generatore: e cioè media, varianza, autocovarianza, autocorrelazione globale e parziale.

La stima di modelli a media mobile consente una adeguata rappresentazione di alcune categorie di fenomeni economici, in particolare quando è ragionevole assumere che esista una situazione di equilibrio verso la quale il fenomeno tende a ritornare una volta che se ne sia allontanato a causa di uno shock di natura casuale (ad esempio, nel caso delle quotazioni azionarie).

Il procedimento Box e Jenkins inizia con l'esame dei dati della serie al fine di valutarne le caratteristiche e individuare le trasformazioni più convenienti per esprimerla sotto forma di un modello stazionario, gaussiano e invertibile.

Può capitare che la serie osservata sia evolutiva (o non stazionaria) cosa che si verifica quando il valor medio varia ma l'andamento della serie presenta qualche uniformità. In questi casi, la serie evolutiva si può trasformare in stazionaria.

Una volta che si dispone di una serie stazionaria convenientemente lunga, per stabilire da quale modello possa derivare occorre procedere per fasi che, come si è già precisato, riguardano nell'ordine l'identificazione del modello, la stima dei parametri e la verifica dell'idoneità del modello a descrivere le caratteristiche della serie.

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

La fase di identificazione del modello consiste essenzialmente nel selezionare fra i diversi tipi di modelli ARIMA quello che sembra adattarsi meglio alla serie osservata. Al riguardo occorre tener presente che ogni modello è caratterizzato da un diverso comportamento delle funzioni di autocovarianza e di autocorrelazione, i cui andamenti sono capaci di suggerire gli ordini  $p$  e  $q$  del modello stesso. Questa ricerca va condotta all'insegna della parsimonia, nel senso che ci si deve orientare verso modelli che non contengano un numero elevato di parametri. Ciò renderebbe complicata l'interpretazione dei risultati ed inutile, al limite, la ricerca del processo generatore.

L'individuazione del modello generatore richiede notevole esperienza. Di norma, la tecnica dell'identificazione consente soltanto di ridurre l'indeterminazione ad un numero limitato (due o tre) di modelli fra i quali procedere alla selezione di quello definitivo. Il confronto fra gli andamenti dei coefficienti di autocorrelazione globale e parziale calcolati sulle serie osservate e le rappresentazioni grafiche delle corrispondenti funzioni teoriche fornisce indicazioni importanti per la scelta del modello da adattare.

La fase della stima dei parametri si effettua di norma in due fasi: si procede ad una stima preliminare utilizzando il metodo dei momenti; successivamente si passa al metodo della massima verosimiglianza per la stima definitiva nei casi in cui siano presenti componenti MA, ovvero a media mobile. Il metodo dei momenti fornisce stime abbastanza facili da calcolare ma scarsamente efficienti. I risultati che si ottengono sono tuttavia necessari per la stima con il metodo della massima verosimiglianza o dei minimi quadrati.

Infine la fase della verifica del modello viene effettuata mediante l'analisi dei residui per controllarne casualità e normalità. I residui sono ottenuti come differenza tra i valori della serie osservata e i valori teorici della serie calcolata in base al modello. L'ipotesi è che i residui possano considerarsi come realizzazioni di un processo stocastico puramente aleatorio. In pratica, si procede

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*



ad esami grafici, allo studio delle caratteristiche distributive dei residui, e alla stima della loro autocorrelazione, ecc. Se il modello è accettato, può essere utilizzato per scopi di previsione. In caso contrario si procede alla iterazione delle tre fasi descritte «identificazione-stima-verifica» fino a quando non si ottiene un modello soddisfacente.

