

DALL'ECONOMETRIA STRUTTURALE ALL'ECONOMETRIA DELLE SERIE STORICHE

di Umberto Triacca

La storia dell'econometria è stata caratterizzata da due importanti paradigmi teorici: l'econometria strutturale e l'econometria delle serie storiche. Oggi quest'ultima rappresenta il paradigma dominante. L'obiettivo di questo lavoro consiste nel ripercorrere i principali passaggi che hanno portato a questo risultato.

The history of the econometrics has been characterized by two important theoretical paradigms: the structural econometrics and the time series econometrics. Today time series econometrics represents the dominant paradigm in econometrics. The goal of this paper is to illustrate the main steps that led to this result.

1. INTRODUZIONE

Secondo molti economisti ed alcuni econometrici l'econometria riguarda la stima dei parametri incogniti che compaiono in un sistema di equazioni che esprime le relazioni intercorrenti tra le variabili (endogene ed esogene) suggerite dalla teoria economica. Ciò assolve a due scopi. In primo luogo, consente di sottoporre a verifica empirica la teoria. In secondo luogo, fornisce un quadro razionale e coerente all'interno del quale possiamo cercare di prevedere le variabili di interesse. Tale approccio all'analisi econometrica è noto come approccio strutturale. In estrema sintesi, possiamo dire che l'approccio strutturale assume che il vero processo generatore dei dati sia conosciuto e correttamente modellizzato sulla base della teoria economica. L'obiettivo fondamentale è, quindi, quello di pervenire ad una stima ottimale dei parametri incogniti del modello.

L'approccio strutturale si contrappone alla cosiddetta econometria delle serie storiche che vede invece nell'individuazione del processo generatore dei dati il suo obiettivo principale. Obiettivo che deve essere perseguito senza avere forti "a priori" sul modello, ovvero senza subire forti condizionamenti teorici. L'analisi econometrica si slega dalla teoria economica e lascia "parlare i dati".

Così, laddove nell'econometria strutturale l'evidenza empirica viene usata per confermare o smentire le teorie economiche, nell'econometria delle serie storiche la prospettiva risulta ribaltata. È a partire dall'evidenza empirica che si tenta di risalire al processo generatore dei dati, ovvero al modello. Il confronto con la teoria perde importanza, mentre diventa più rilevante la capacità che il modello ha di prevedere l'andamento futuro delle serie considerate.

L'econometria nasce come econometria strutturale. Oggi, tuttavia, il paradigma teorico dominante sembra essere quello dell'econometria a-teorica delle serie storiche. L'obiettivo di questo lavoro consiste nel ripercorrere le principali tappe attraverso le quali si è passati dall'econometria strutturale a quella delle serie storiche.

2. L'INIZIO DELLA STORIA

L'econometria è una disciplina relativamente giovane le cui prime radici possono farsi risalire all'inizio del XX secolo ma che realizzò sviluppi effettivi soltanto a partire dagli anni Venti e Trenta. Il 29 dicembre del 1930 nasceva, a Cleveland (USA), nel pieno della Grande Depressione, l'Econometric Society («an international society for the advancement of economic theory in its relation to statistics and mathematics»), su iniziativa dell'economista di Yale, Irving Fisher, e dell'economista norvegese Ragnar Frisch. Studiosi del calibro di Schumpeter, Hotelling e Wiener figuravano tra i sedici soci fondatori¹. L'obiettivo dichiarato dell'Econometric Society consisteva nell'unificare elaborazione, teoria e analisi empirica.

Secondo Frisch² l'obiettivo dell'Econometric Society era «to promote studies that aim at a unification of the theoretical-quantitative and empirical-quantitative approach to economic problems and that are penetrated by constructive and rigorous thinking similar to that which has come to dominate in the natural sciences» (Frisch, 1933).

Nasceva così l'econometria strutturale (*structural econometrics*), il cui primo obiettivo consisteva nel gettare un ponte tra teoria economica e «realtà». Tinbergen ed Haavelmo negli anni Trenta e Quaranta dotarono l'econometria di un apparato statistico-matematico. In particolare, si deve a Tinbergen la rappresentazione multiequazionale dell'economia e ad Haavelmo l'utilizzo di un approccio probabilistico che consentiva di ricondurre la verifica delle implicazioni delle teorie economiche ad un problema di inferenza statistica³. L'olandese Tinbergen fu il primo, nel 1939, a costruire un modello econometrico che descriveva l'economia americana attraverso un sistema di equazioni. Si deve però arrivare agli inizi degli anni Cinquanta per vedere affermarsi la costruzione e la diffusione dei macromodelli econometrici (o modelli ad equazioni simultanee) e ciò avveniva, soprattutto, ad opera dell'econometrico americano Klein⁴.

Negli anni Quaranta, l'econometria sperimentò una fase di intensa crescita e di confronto con l'economia teorica. È questo il periodo più prolifico della Cowles Commission, un istituto di ricerca econometrica situato allora presso l'Università di Chicago che risolse i problemi di stima ed identificazione posti dai modelli ad equazioni simultanee⁵. La disponibilità dei calcolatori elettronici, a partire dagli anni Cinquanta, consentì di costruire modelli econometrici comprendenti centinaia di equazioni.

In quegli anni, uno dei maggiori oppositori del metodo econometrico era John Maynard Keynes. Nel 1940 scrisse un commento, non proprio tenero, al libro di Tinbergen, *Statistical testing of Business-Cycle Theories* (Tinbergen, 1939):

¹ I sedici soci fondatori erano: Ragnar Frisch, Charles F. Roos, Joseph A. Schumpeter, Harold Hotelling, Henry Schultz, Karl Menger, Edwin B. Wilson, Frederick C. Mills, William F. Ogburn, J. Harvey Rogers, Malcolm C. Rorty, Carl Snyder, Walter A. Shewhart, Oystein Ore, Ingvar Wedervang and Norbert Wiener. Il primo presidente fu Irving Fisher.

² Ragnar Frisch, nel 1969, ottenne il primo premio Nobel per l'Economia della storia.

³ Nel 1989, Haavelmo ricevette il Nobel Memorial Prize in Economic Sciences «for his clarification of the probability theory foundations of econometrics and his analyses of simultaneous economic structures».

⁴ Sia Timbergen che Klein furono insigniti del premio Nobel: Timbergen nel 1969 e Klein nel 1980.

⁵ La Cowles Commission for Research in Economics fu fondata nel 1932 dall'uomo d'affari Alfred Cowles.

No one could be more frank, more painstaking, more free from subjective bias or *parti pris* than Professor Tinbergen. There is no one, therefore, so far as human qualities go, whom it would be safer to trust with black magic. That there is anyone I would trust with it at the present stage or that this brand of statistical alchemy is ripe to become a branch of science, I am not yet persuaded. But Newton, Boyle and Locke all played with alchemy. So let him continue (Keynes, 1940, p. 156).

Volendo essere un po' irriverenti potremmo citare il vecchio adagio popolare e dire chi è causa del suo mal pianga se stesso. È infatti innegabile che uno dei fattori che permisero la diffusione dei modelli ad equazioni simultanee fu la disponibilità di dati riguardanti gli indicatori macroeconomici. Tale disponibilità, a sua volta, fu resa possibile dai sistemi di contabilità nazionale adottati dalle principali economie capitalistiche. Ironia della sorte, fu proprio la Rivoluzione keynesiana a fornire un contributo decisivo alla costruzione e allo sviluppo di tali sistemi⁶. È curioso, inoltre, notare che nel 1944 e nel 1945 la carica di presidente dell'Econometric Society fu ricoperta da John Maynard Keynes.

A partire dagli anni Sessanta si assistette ad una proliferazione di macro-modelli econometrici che descrivevano i sistemi economici di tutti i paesi industrializzati⁷. Questi anni possono essere considerati il periodo d'oro dei modelli ad equazioni simultanee. È interessante notare che anche per le economie dei paesi industrializzati quegli anni furono d'oro. Tassi di crescita elevati, bassi livelli di disoccupazione e stabilità dei prezzi erano elementi che caratterizzavano i sistemi economici di tutti i paesi OCSE.

3. GLI ANNI SETTANTA

Negli anni Settanta, questi modelli entrarono in crisi. Una opinione largamente diffusa riconduce le cause di questa crisi a tre ordini di motivi. Uno di carattere previsivo e gli altri due di carattere teorico-concettuale.

I macro-modelli econometrici si rivelarono incapaci di prevedere lo shock petrolifero del 1973 e la successiva recessione mondiale del 1974-75⁸. Le previsioni ottenute con semplici modelli uni-equazionali del tipo Box-Jenkins, talvolta, risultavano migliori di quelle ottenute utilizzando modelli composti da centinaia di equazioni.

Lo sviluppo dei macro-modelli econometrici non avveniva nell'ambito di un unico quadro teorico di riferimento. Tali modelli raccoglievano, infatti, ispirazioni teoriche differenti (il cosiddetto eclettismo teorico). Tutto ciò si traduceva in una assenza di coerenza interna che minava i fondamenti economici di tali modelli.

L'utilizzo dei macro-modelli econometrici ai fini della valutazione delle diverse opzioni di politica economica venne poi inficiato dalla cosiddetta "Critica di Lucas" (1976). Secondo Lucas i parametri (strutturali) dei macro-modelli econometrici non potevano considerarsi costanti rispetto alle diverse opzioni di politica economica e per questo tali modelli non potevano essere utilizzati per valutare gli effetti delle stesse.

⁶ Richard Stone, allievo di Keynes, nel 1941 svolse un ruolo di primaria importanza nella costruzione del sistema di contabilità nazionale inglese.

⁷ Per quanto riguarda l'Italia è importante ricordare il modello costruito da Sylos Labini e il cosiddetto "Modelaccio di Ancona" di Giorgio Fuà.

⁸ Durante l'inverno 1973-74 i prezzi del petrolio quadruplicarono. Nel 1975 il tasso di disoccupazione, negli Stati Uniti, superò abbondantemente la soglia dell'8%, nel 1973 era pari al 4,5% della forza lavoro.

4. I MODELLI VAR

I modelli economici possono essere scritti in forma strutturale allorquando le variabili endogene sono espresse in funzione delle variabili esogene e di altre variabili endogene, ovvero in forma ridotta quando tutte le variabili endogene sono espresse in funzione delle sole variabili esogene (correnti e ritardate) e delle endogene ritardate. Il modello è identificabile, se è possibile risalire dai parametri della forma ridotta a quelli della forma strutturale. Se un modello ad equazioni simultanee è identificabile allora è possibile stimare in maniera consistente i parametri della forma strutturale. L'approccio Cowles Commission affidava alla teoria economica (tipicamente la macroeconomia di stampo keynesiano) il compito di identificare le equazioni strutturali. Più precisamente, il problema dell'identificazione veniva risolto diminuendo il numero dei parametri da stimare, vincolandoli a soddisfare delle relazioni implicate dalla teoria economica⁹. L'economista statunitense C. A. Sims, in un famoso articolo pubblicato su "Econometrica" nel 1980, mise in evidenza che «econometricians imposed large numbers of restrictions that were incredible in the sense that they did not arise from sound economic theory or institutional or factual knowledge, but simply from the need of the econometrician to have enough restrictions to secure identification».

Sims suggerì di superare il problema dell'identificazione rinunciandovi. Egli propose di utilizzare un sistema di equazioni che mettesse in relazione i valori correnti di un dato insieme di variabili con i valori passati delle variabili stesse. Tutte le variabili osservabili del sistema erano da considerarsi endogene (in numero limitato, rispetto ai modelli macroeconometrici tradizionali di ampia scala). Erano nati i cosiddetti modelli VAR (*Vector Autoregressive Models*). In questo modo si superava anche un altro problema dei modelli ad equazione simultanee: la suddivisione delle variabili in endogene ed esogene che secondo Sims, spesso, era del tutto arbitraria.

L'uso principale dei modelli VAR consiste nella previsione di variabili economiche. Da questo punto di vista i modelli VAR hanno fornito una prestazione superiore a quella dei modelli strutturali che li hanno preceduti.

Durante gli anni Cinquanta e Sessanta l'econometria è stata "structural econometrics", ovvero econometria "informata" da una teoria economica che aveva per oggetto la struttura del sistema macro-economico. I modelli VAR si caratterizzano invece per il ruolo marginale svolto dalla teoria economica nella loro specificazione. A priori non si impone alcuna "struttura": tutto dipende da tutto (le variabili sono tutte endogene). Con i modelli VAR l'econometria diventa "nonstructural econometrics". L'attenzione si sposta dalla spiegazione alla previsione.

Il titolo di un importante articolo di Sargent e Sims, pubblicato nel 1977, *Business Cycle Modeling without Pretending to have too Much a Priori Theory*, riassume bene lo spirito con cui, in quegli anni, si faceva econometria. È in questo clima che deve essere inquadrato il successo di metodi a-teorici come l'analisi di causalità secondo Granger.

4.1. La causalità secondo Granger

Nel 1969, sulla prestigiosa rivista "Econometria", comparve un lavoro di Clive Granger intitolato *Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral*

⁹ Le più semplici di queste sono costituite dall'azzeramento dei parametri (*zero restrictions*).

Methods. In questo articolo Granger, riprendendo una precedente idea di Wiener (1956), propose la seguente nozione di causalità. La variabile y causa la variabile x se la previsione di x_{t+1} , effettuata al tempo t , sulla base dell'insieme informativo $\{x_{t-j}, y_{t-j}; j \geq 0\}$, è migliore della previsione di x_{t+1} , effettuata al tempo t , sulla base dell'insieme informativo ridotto $\{x_{t-j}; j \geq 0\}$.

Il notevole successo riscosso dai modelli VAR è, in parte, dovuto al concetto di causalità introdotto da Granger. Nell'ambito dei modelli VAR, infatti, l'ipotesi che y non causi x nel senso di Granger si traduce nell'uguaglianza a zero di alcuni coefficienti, di conseguenza la sua verifica empirica risulta particolarmente agevole.

Dopo il lavoro di Sims la quasi totalità dei test di noncausalità è stata condotta nell'ambito dei modelli VAR. Se si tiene conto del fatto che il lavoro di Granger è forse quello che ha raccolto il maggior numero di citazioni nella storia dell'econometria¹⁰, risulta chiaro il ruolo di volano svolto dalla causalità di Granger riguardo la diffusione e l'utilizzo dei modelli VAR.

5. UNA STORIA PARALLELA E CONVERGENTE

Torniamo agli anni Venti. Lo statistico scozzese Yule e l'economista e statistico russo Slutsky, in maniera indipendente, giunsero nel 1927 entrambi a concludere che se ad una successione di numeri puramente casuale si applicava una media mobile, si otteneva una serie storica che presentava un andamento molto simile a quello di molte grandezze economiche. In letteratura, questo fenomeno è noto sotto il nome di Slutsky-Yule effect.

Successivamente, nel 1938, Herman Wold mostrò che la componente non deterministica di qualsiasi serie storica stazionaria poteva essere rappresentata mediante una media mobile di impulsi puramente casuali; il famoso Teorema di Decomposizione di Wold. Questo teorema forniva così una solida spiegazione, di carattere probabilistico, dei risultati di Slutsky e Yule. Furono poi, all'inizio degli anni Quaranta, Wiener e Kolmogorov a formulare la teoria della previsione ottimale per i modelli studiati da Slutsky, Yule e Wold¹¹. L'elaborazione teorica continuò negli anni successivi con una serie di importantissimi contributi dovuti a Doob (1953), Wiener e Masani (1957; 1958), Kalman (1960), Yaglom (1962), Whittle (1963), Rozanov (1967), arrivando al 1970, anno di pubblicazione del famosissimo libro di Box e Jenkins *Time series Analysis: Forecasting and Control*. In questo lavoro tutti gli avanzamenti metodologici, da Yule in poi, trovarono una sistematizzazione che portò all'elaborazione del cosiddetto approccio Box-Jenkins all'analisi delle serie storiche. Lo strumento che avrebbe di lì a poco "umiliato", sul piano della previsione, i grandi modelli macroeconometrici era disponibile.

Nel 1980, con l'introduzione dei modelli VAR (una generalizzazione dei modelli autoregressivi univariati), la storia dell'analisi moderna delle serie storiche si salda con la storia dell'econometria dando luogo alla cosiddetta Econometria delle Serie storiche.

Lo studio delle proprietà statistiche del processo generatore dei dati che aveva prodotto la serie storica osservata assunse un ruolo di primaria importanza. In particolare, vi fu un enorme sforzo tendente a modellizzare una caratteristica fondamentale delle serie sto-

¹⁰ L'articolo di Granger, ad oggi, è stato citato nella letteratura economica ben oltre mille volte. Un vero e proprio record.

¹¹ Ci riferiamo alla cosiddetta *Wiener-Kolmogorov Prediction Theory*.

riche economiche: la non stazionarietà. Sino ad allora la non stazionarietà veniva semplicemente rimossa, trasformando le serie in maniera tale da renderle stazionarie. I cosiddetti test di radice unitaria, la regressione spuria, il concetto di cointegrazione (Granger, 1983; Engle, Granger, 1987)¹² sono tutti esempi di avanzamenti metodologici volti a modellizzare la non stazionarietà.

6. L'ECONOMETRIA DEI MERCATI FINANZIARI

Gli anni Novanta hanno visto invece l'affermarsi di quella che potremmo chiamare l'econometria dei mercati finanziari (financial econometrics). L'attenzione si sposta dalle grandi questioni macroeconomiche alla previsione della volatilità dei rendimenti finanziari. I modelli ARCH e GARCH, introdotti rispettivamente da Engel (1982) e Bollerslev (1986), assolvono a questo scopo.

Dal punto di vista metodologico all'origine di tutto ciò troviamo il rumore bianco, ovvero una serie storica a media nulla, varianza costante, formata da una successione di valori non autocorrelati, come quella rappresentata in FIG. 1. Insieme a questa consideriamo la serie rappresentata in FIG. 2. Anche questa è un rumore bianco. È comunque evidente che la seconda possiede una caratteristica che la prima non possiede. Essa presenta dei cluster di varianza. Questa è una caratteristica posseduta da molte serie storiche di carattere finanziario ed infatti la serie rappresentata in FIG. 2 è quella dei rendimenti del titolo IBM.

Figura 1

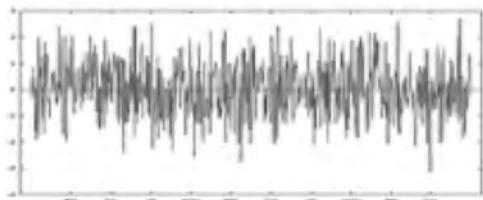
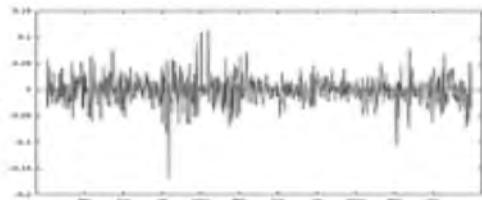


Figura 2



I modelli proposti da Engel e Bollerslev dimostrarono un notevole grado di adattamento a serie di questo tipo. Per tutti gli anni Novanta, le riviste di econometria hanno accolto articoli che presentavano modelli riconducibili a generalizzazioni dei modelli GARCH, dando luogo ad una miriade di acronymi. Una lista incompleta è la seguente: AGARCH, IGARCH, EGARCH, NGARCH, TGARCH, VGARCH, FIGARCH, FIEGARCH, STARCH.

È evidente che anche l'econometria dei mercati finanziari si inscrive nel solco dell'econometria delle serie storiche. Il processo di "secolarizzazione" che va dall'econometria strutturale della Cowles Commission all'econometria a-teorica sembra quindi continuare.

¹² Entrambi furono insigniti, nel 2003, del premio Nobel.

7. EPILOGO

E l'econometria degli anni Duemila? Aspettiamo ancora qualche anno prima di tentare di dire in che cosa si sta sostanziando. Forse l'analisi dei dati relativi ad attività finanziarie rilevati ad alta frequenza? La non linearità? I punti interrogativi si sprecano. Anche in virtù di una considerazione. La breve storia dell'econometria ha sempre interagito con la storia economica e sociale. La nascita dell'Econometric Society non è indipendente da ciò che è successo nel 1929. La necessità di dotarsi di strumenti quantitativi, attraverso i quali monitorare l'andamento del sistema economico, al fine di prevederne in anticipo eventuali segnali di crisi e di valutare gli effetti delle diverse opzioni di politica economica, è stata sicuramente resa più impellente dalla Grande Depressione. Il fallimento dei macro-modelli e il conseguente emergere di strumenti econometrici alternativi, non è certo indipendente dagli shock che, nel corso degli anni Settanta, hanno colpito i sistemi economici di tutti i paesi industrializzati. Lo sviluppo, nel corso degli anni Novanta, di tecniche econometriche volte al trattamento di serie storiche di carattere finanziario non è certo indipendente dalla enorme espansione della finanza nel corso di quegli stessi anni. Possiamo allora chiudere con una domanda: che genere di econometria produrrà l'attuale crisi finanziaria?

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In questo lavoro, abbiamo cercato di ripercorrere le tappe fondamentali del percorso che, dagli anni Venti ad oggi, ci ha portato dall'econometria strutturale alla cosiddetta econometria delle serie storiche. Quello che abbiamo ricostruito è un percorso molto stilizzato. Più o meno volutamente non abbiamo considerato importanti sviluppi, sia teorici che applicativi, della disciplina econometrica. Basti pensare all'approccio della London School of Economics (*LSE approach to econometric modelling*), ai VAR strutturali, ai modelli a fattori dinamici. In particolare, abbiamo voluto sottolineare due aspetti. Il primo riguarda lo stretto legame che, a nostro parere, intercorre tra gli sviluppi teorici o meglio i "break strutturali" che la disciplina ha subito ed i principali accadimenti che, a partire dalla Grande Depressione, hanno caratterizzato la storia economica dei paesi industrializzati. Il secondo riguarda il suo carattere secolare. A nostro parere, infatti, la moderna econometria è sempre più un'econometria senza "Dio" (Teoria). Si tratta di un bene o di un male? Ad alcuni sacerdoti (economisti) questo dà molto fastidio. Quello che possiamo dire è che forse chi propugna il primato dell'econometria strutturale, più che prendersela con l'uso dei preservativi in Africa, dovrebbe preoccuparsi di proporre una migliore e più adeguata rappresentazione di Dio. Se, in questi anni, fosse esistita una "buona" teoria economica in grado di scacciare quella "cattiva", forse l'econometria a-teorica non avrebbe avuto il successo che invece ha riscosso. La consapevolezza della necessità di una buona teoria economica era già presente nel pensiero dei padri fondatori dell'approccio strutturale. A cominciare da Trygve Haavelmo che, nella sua *Prize Lecture to the memory of Alfred Nobel* del 1989, affermava:

I believe that econometrics can be useful. But as I have said, the possibility of extracting information from observations of the world we live in, depends on good economic theory. Econometrics has to be founded on theories that describe in a reasonably accurate way the fashion in which the observed world

has operated in the past. I also mentioned, perhaps in a slightly immodest way, that I think existing economic theories are not good enough for this purpose. I have not said that I think existing economic theory is useless. In fact I believe it will represent indispensable building-blocks for a more general theory if we can ever hope to find one.

Qualche mese fa sugli autobus di Genova doveva comparire una scritta che recitava più o meno così: «la cattiva notizia è che Dio non esiste. Quella buona è che l'uomo non ne ha bisogno». Ci chiediamo: l'econometria sta all'uomo come la Teoria economica sta a Dio? Se fosse così si potrebbe concordare con quanto scritto sopra e concludere che l'econometria non ha affatto bisogno della teoria economica.

Vogliamo chiudere questo articolo, riproponendo una antica questione, ripresa a sua volta da Hendry (1980): l'econometria è alchimia o scienza? Nelle intenzioni di Ragnar Frish che, nel 1926, coniò il termine "econometrics", l'econometria doveva diventare una scienza. Verso la fine della sua vita, nel 1973, rispetto al conseguimento di questo obiettivo espresse qualche perplessità, arrivando a concludere che, in alcuni casi, più che di econometria sarebbe appropriato parlare di "playometrics". L'econometria è un gioco, da Nobel (visto l'elevato numero di econometrici che hanno ottenuto questo premio), ma comunque sempre un gioco, oppure no? Aveva forse ragione Keynes? È davvero difficile prendere una posizione netta in proposito. Di sicuro l'econometria è una bella disciplina e, come dice Marco Lippi, aiuta a ragionare correttamente e questo, di per sé, è già qualcosa.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BOLLERSLEV T. (1986), *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*, "Journal of Econometrics", 31, pp. 307-27.
- BOX G., JENKINS G. (1970), *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, Holden-Day, San Francisco.
- DOOB J. (1973), *Stochastic processes*, Wiley, New York.
- ENGLE R. F. (1983), *Estimated of Variance of US Inflation based upon the ARCH Model*, "Journal of Money, Credit and Banking", 15, pp. 286-301.
- ENGLE R. F., GRANGER C. W. J. (1987), *Cointegration and Error-Correction: Representation, Estimation, and Testing*, "Econometrica", 55, pp. 251-76.
- FRISCH R. (1933), *Editorial*, "Econometrica", 1, pp. 1-4.
- GRANGER C. W. J. (1969), *Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods*, "Econometrica", 37, pp. 424-38.
- ID. (1983), *Cointegrated Variables and Error-Correcting Models*, Working Paper n. 83-13, University of California.
- HENDRY D. (1980), *Econometrics: Alchemy or Science*, "Economica", 47, pp. 387-406.
- KALMAN R. E. (1960), *A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems*, "Journal of Basic Engineering", 82, 3545.
- KEYNES J. M. (1940), *On a Method of Statistical Business-Cycle Research: Comment*, "Economic Journal", 50, pp. 154-6.
- ROZANOV Y. A. (1967), *Stationary Random Processes*, Holden-Day, San Francisco.
- SIMS C. A. (1980), *Macroeconomics and Reality*, "Econometrica", 48, pp. 1-48.
- SLUTSKY E. (1927), *The Summation of Random Causes as the Source of Cyclic Processes*, "Econometrica", 5, pp. 105-46.
- TINBERGEN J. (1939), *Statistical Testing of Business-Cycle Theories*, vol. II. *Business cycles in the United States of America, 1919-1932*, League of Nations, Economic Intelligence Service, Geneva.
- WHITTLE P. (1963), *Prediction and Regulation*, English Universities Press.
- WIENER N. (1956), *The Theory of Prediction*, in E. F. Beckenbach (ed.), *Modern Mathematics for Engineers*, vol. 1, McGraw-Hill, New York.

- WIENER N., MASANI P. (1957), *The Prediction Theory of Multivariate Stochastic Processes. I. The Regularity Conditions*, "Acta Mathematica", 98, pp. 111-50.
- IDD. (1958), *The Prediction Theory of Multivariate Stochastic Processes. II. The Linear Predictor*, "Acta Mathematica", 99, pp. 93-137.
- YAGLOM A. M. (1962), *An Introduction to the Theory of Stationary Random Fields*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs (NJ).
- YULE G. U. (1927), *On a Method of Investigating Periodicities in Disturbed Series, with Special Reference to Wolf's Sunspot Numbers*, "Philosophical Transactions", 226A.