

**Istituto Lombardo
Accademia di Scienze e Lettere
MILANO**

Incontro di studio
***L'economia quantitativa
diventerà una tecnologia del futuro?***

16 aprile 2008

Milano, Palazzo di Brera, Via Brera 28

Incontro di studio
L'economia quantitativa
diventerà una tecnologia del futuro?

Abstracts

Presentazione del Convegno

E' presente a tutti l'importanza del cosiddetto Prodotto Interno Lordo e del tasso di inflazione di un Paese quali indicatori della situazione economica complessiva, ma è anche comune esperienza come sia difficile ottenere delle previsioni, con le relative implicazioni per la realtà economica futura, che possano ritenersi attendibili, a differenza, ad esempio della conoscenza delle grandezze fisiche, le cui implicazioni reali, nei casi correnti, sono note e sicure.

L'incontro riprende l'esame delle possibilità offerte dai metodi matematici e statistici, nella comprensione della realtà economica e nella formulazione di previsioni, con lo sguardo, da un lato, a quanto è possibile e corrente per le tecnologie collegate alle scienze naturali, ma dall'altro, al riferimento, generalmente non deterministico, costituito dalle scelte degli operatori economici essenziali, quali sono i consumatori e le imprese.

La giornata di studio si apre con una riflessione in termini generali sulla relazione fra scienza e tecnologia; segue la presentazione delle idee fondamentali di Vilfredo Pareto e della sua convinzione dell'esistenza di una stretta analogia fra Economia teorica e Meccanica razionale; vengono, poi, presentate le reali possibilità predittive insite nell'utilizzazione dell'Economia matematica e dell'Econometria; la dicotomia fra scienze naturali e scienze umane porta in corrispondenza a sottolineare come le scienze naturali si basino su misure di grandezze ottenute mediante procedimenti oggettivi di confronto con una unità di misura – riproducibili nelle stesse condizioni –, mentre per le scienze umane, come l'Economia, invece è tipico il ricorso a valutazioni – spesso riconducibili attraverso la nozione di “utilità” a valori monetari – dove, però, è comunque presente una componente soggettiva e psicologica.

ore 10.00

Saluto del Presidente dell'Istituto Lombardo

Presiede: ALBERTO QUADRIO CURZIO

ore 10.15

ALBERTO QUADRIO CURZIO

Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere

Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano

LUIGI PASINETTI

Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere

Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano

Introduzione: prospettive e limiti dell'Economia quantitativa

ore 10.45

PIERCARLO NICOLA

Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere

Università degli Studi di Milano

Meccanica razionale e Economia matematica:

il loro contributo alla teoria economica

ore 11.30 *Pausa caffè*

ore 11.45

GIOVANNI MARSEGUERRA

Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano

La formalizzazione matematica nelle teorie economiche:

problemi e prospettive

Discussione

Presiede: GIORGIO LUNGHINI

ore 14.30

MARIO FALIVA – MARIA GRAZIA ZOIA

Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano

Econometria: istanze dell'economia e parallelismi con le scienze naturali

ore 15.15

FAUSTO BORGONOVÌ

Università Cattolica del Sacro Cuore di Brescia

*Procedimenti di misurazione, predicibilità e determinismo
nelle leggi della fisica*

ore 16.00 *Pausa caffè*

ore 16.15

ANGELO ZANELLA

Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere

Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano

*Procedimenti di misurazione nell'ambito delle discipline
economico-sociali*

Considerazioni conclusive

Luigi Pasinetti

*(Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere,
Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano)*

Prospettive e limiti dell'Economia quantitativa

L'economia politica è, tra le scienze umane, quella che maggiormente sperimenta l'attrazione verso i metodi quantitativi e in particolare verso la matematica e la statistica.

Recentemente questa attrazione si è fatta ancor più forte che in passato, al punto che non è raro trovare, tra gli economisti, dei teorici che amerebbero vedere l'economia trasformata in un ramo della matematica applicata. Ma sarebbe davvero utile convogliare l'economia tra le scienze naturali o addirittura spingerla al ruolo di un ramo della matematica applicata?

Una attenta riflessione porta ben presto alla constatazione che il rapporto tra economia e matematica è molto più complesso di quanto possa sembrare a prima vista.

L'autore sottolinea che ci sono almeno quattro caratteristiche che differenziano l'economia politica dalle scienze naturali: l'oggetto di studio; la finalità della ricerca economica, tesa ad influenzare l'oggetto di studio; la sua caratteristica di teoria per certi aspetti positiva e per altri aspetti normativa; il coinvolgimento dei giudizi di valore.

Per illustrare queste differenze e inquadrare la dimensione autonoma dell'economia politica, l'autore ricorre ad una rassegna critica delle opinioni di alcuni economisti di rilievo, che hanno dedicato contributi all'argomento qui in discussione. Particolari riferimenti vengono dedicati alle opinioni di Marshall, Keynes, Hicks, Morishima e – tra gli economisti maggiormente presenti nelle nostre discussioni – a Sraffa e a Sen, ai quali ultimi l'autore si sente più vicino.

Piercarlo Nicola

*(Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere,
Università degli Studi, Milano)*

Meccanica razionale e Economia matematica: il loro contributo alla teoria economica

Almeno a partire da Pareto le analogie meccaniche hanno giocato un ruolo rilevante nella teoria economica; ma sarebbe ingiusto passare sotto silenzio che Marshall, praticamente coetaneo di

Pareto, propendeva piuttosto per le analogie di natura biologica.

Questo detto, l'equilibrio generale, attualmente il paradigma più diffuso fra i cultori di teoria economica, si presta mirabilmente a sottolineare le analogie meccaniche proponibili dalla teoria economica.

Partendo dalla formulazione canonica dell'equilibrio generale concorrenziale, come venne proposta da Arrow e Debreu nel 1954, l'intervento si propone di presentare succintamente alcune delle estensioni formulate nel corso degli ultimi 50 anni: l'introduzione dei monopoli e della concorrenza monopolistica; i prezzi rigidi e il razionamento; le generazioni sovrapposte; gli equilibri temporanei e le aspettative soggettive; gli equilibri approssimati in presenza di non convessità; l'infinità degli agenti e la concorrenza perfetta; l'incertezza.

Vengono brevemente discussi anche i problemi che sorgono nell'applicazione di modelli di equilibrio generale allo studio di economie concrete, e si sottolinea il fatto che i dati economici sono sempre soggetti ad errori spesso rilevanti. Queste applicazioni portano naturalmente a chiedersi quale utilità possono rivestire i modelli di equilibrio generale a fini revisionali.

Giovanni Marseguerra

(Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano)

**La formalizzazione matematica nelle teorie economiche:
problemi e prospettive**

All'interno della comunità degli economisti sembra essere oggi presente un crescente disagio e un diffuso malcontento relativamente alle capacità della modellistica neoclassica di comprendere e spiegare i fenomeni economici. La relazione intende esaminare criticamente il contributo della formalizzazione matematica nelle teorie economiche, mettendo in evidenza sia punti di forza di un tale approccio sia le debolezze insite in un'analisi che rischia spesso di privilegiare la bellezza dello strumento rispetto all'oggetto di studio. Si considerano poi alcune delle moderne prospettive per l'indagine economica offerte dalla modellistica basata sulla simulazione a computer che consente di tener conto della complessità della realtà in misura maggiore di un approccio puramente analitico. Viene infine evidenziata l'importanza di garantire la coesistenza di una pluralità di scuole di pensiero in economia e si esaminano altresì le difficoltà per la valutazione della ricerca provocate dall'esistenza di un paradigma dominante. Nelle conclusioni viene enfatizzata la necessità di considerare l'economia come una vera scienza sociale.

Mario Faliva e Maria Grazia Zoia
(Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano)

Econometria: istanze dell'economia e parallelismi con le scienze naturali

1. La nozione di econometria ai sensi dello statuto dell'Econometric Society

L'econometria nasce con la costituzione, agli albori degli anni trenta, dell'Econometric Society la cui dichiarazione costitutiva recita:

“La società Econometrica è una associazione internazionale che si propone di favorire il progresso della teoria economica nei suoi collegamenti con la statistica e la matematica....

Il suo scopo primario è quello di promuovere quegli studi che mirino ad unificare l'approccio teorico-quantitativo con quello empirico-quantitativo nell'analisi dei fenomeni economici, studi che siano ispirati da un pensiero costruttivo e rigoroso simile a quello che è proprio delle scienze naturali.....”.

2. L'econometria classica

In un'accezione classica si può guardare all'econometria come a quella branca delle discipline economiche in cui gli strumenti della teoria economica, della matematica e della statistica vengono applicati all'analisi dei fenomeni economici.

L'obiettivo, che traspare dalla dichiarazione di intenti della Società econometrica, di affrontare l'analisi dei fenomeni economici con una forma mentis simile a quella che domina nell'ambito delle scienze naturali, è la chiave di volta per una simbiosi proficua fra conoscenze teorico-speculative – che si traducono in un insieme di ipotesi a priori esplicitamente formulate –, ed un complesso di indicazioni – a supporto o parziale rettifica delle ipotesi suddette – desumibili, con un adeguato grado di plausibilità, alla luce dell'evidenza empirica dei dati.

Possiamo utilmente avvalerci di un'immagine di econometria come amalgama di teoria economica, matematica, statistica ed evidenza empirica, e raffigurarla come indicato nel diagramma sottostante.

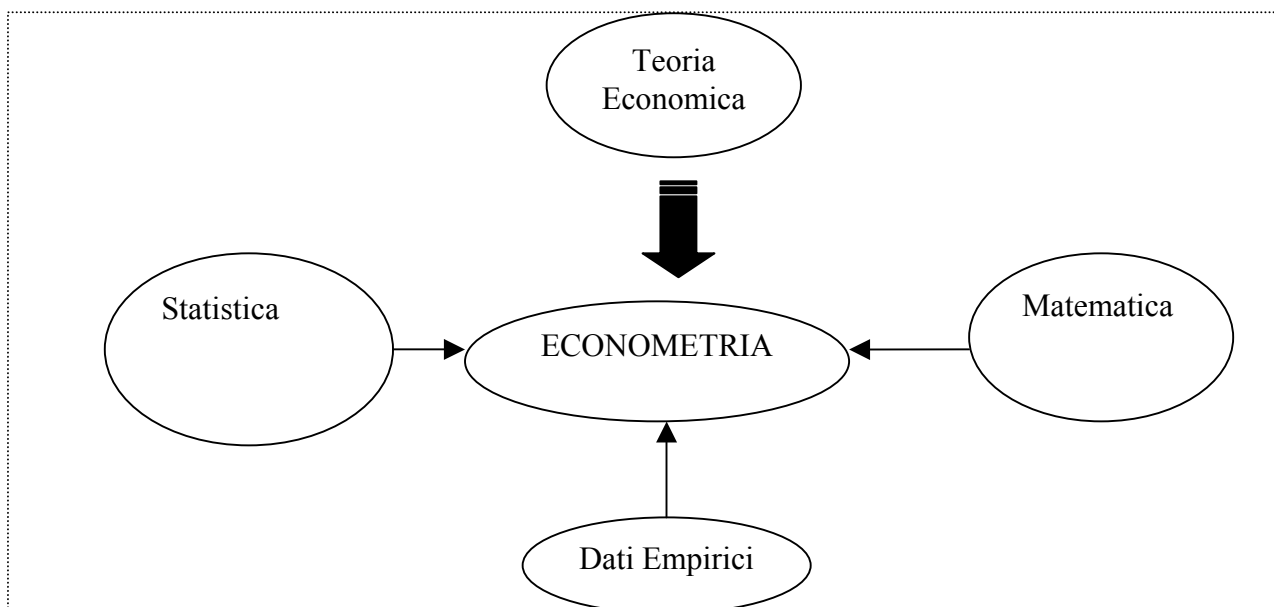


FIGURA 1

Compito della **teoria economica** è quello di indicare le variabili rilevanti (endogene ed esogene) per la spiegazione del fenomeno allo studio, nonché le caratteristiche delle relazioni che le legano, da cui far scaturire la formulazione del modello econometrico.

I **dati empirici** forniscono il supporto statistico con cui operare la quantificazione delle relazioni del modello.

L'econometria così intesa mira all'obiettivo di confrontare la teoria economica con i dati storici, di verificare e/o suggerire l'esistenza di relazioni ipotetiche tra le variabili economiche, di precisare la forma di dette relazioni e quantificarle. L'econometria in questa accezione può contribuire al progresso dell'economia come scienza.

L'impalcatura dell'econometria classica poggia crucialmente sulla nozione di modello.

Un **modello econometrico** è una rappresentazione formalizzata della teoria economica ed assume tipicamente la configurazione di un **sistema di equazioni parametriche**. Dette equazioni esprimono le relazioni che intercorrono tra le **variabili (endogene ed esogene)** ai sensi della teoria economica

Alle equazioni del modello si può dare una chiave di lettura come relazioni **causa-effetto**, oppure come relazioni affette da meccanismi di **feedback**, che sono all'origine della **simultaneità**.

I modelli econometrici hanno natura dinamica e si configurano conseguentemente come sistemi di **equazioni alle differenze**.

L'incompletezza della teoria economica, e l'esigenza di parsimonia che accompagna il processo di specificazione conferiscono **natura stocastica** alle equazioni del modello, con la presenza di termini d'errore interpretabili come variabili casuali con funzioni compensative per le discrepanze fra modello e realtà oggetto di studio.

In sintesi un modello econometrico si configura come un sistema di equazioni dinamiche, stocastiche, espresse in forma parametrica (con possibili non-linearità nei parametri e/o nelle variabili).

3.L'econometria delle serie storiche

L'econometria classica ha la sua immagine speculare nella cosiddetta econometria delle serie storiche. Nell'econometria delle serie storiche, l'assunto – proprio dell'econometria classica – del ruolo determinante svolto dalla teoria economica nella specificazione del modello è confutato, ed il nucleo della modellizzazione econometrica poggia crucialmente su una specificazione VAR (modello autoregressivo multivariato), col corollario dell'analisi di integrazione (e cointegrazione) inerente alla natura non stazionaria delle variabili economiche.

Ciò fa sì che lo schema concettuale imperniato sull'interazione fra teoria economica, matematica, statistica ed evidenza empirica, che connota l'econometria classica, trovi una reinterpretazione in chiave speculare nell'econometria delle serie storiche, traducendosi in una sorta di ribaltamento di ruoli fra *peso specifico* della evidenza empirica e *ruolo guida* della teoria economica, come illustra la figura sottostante.

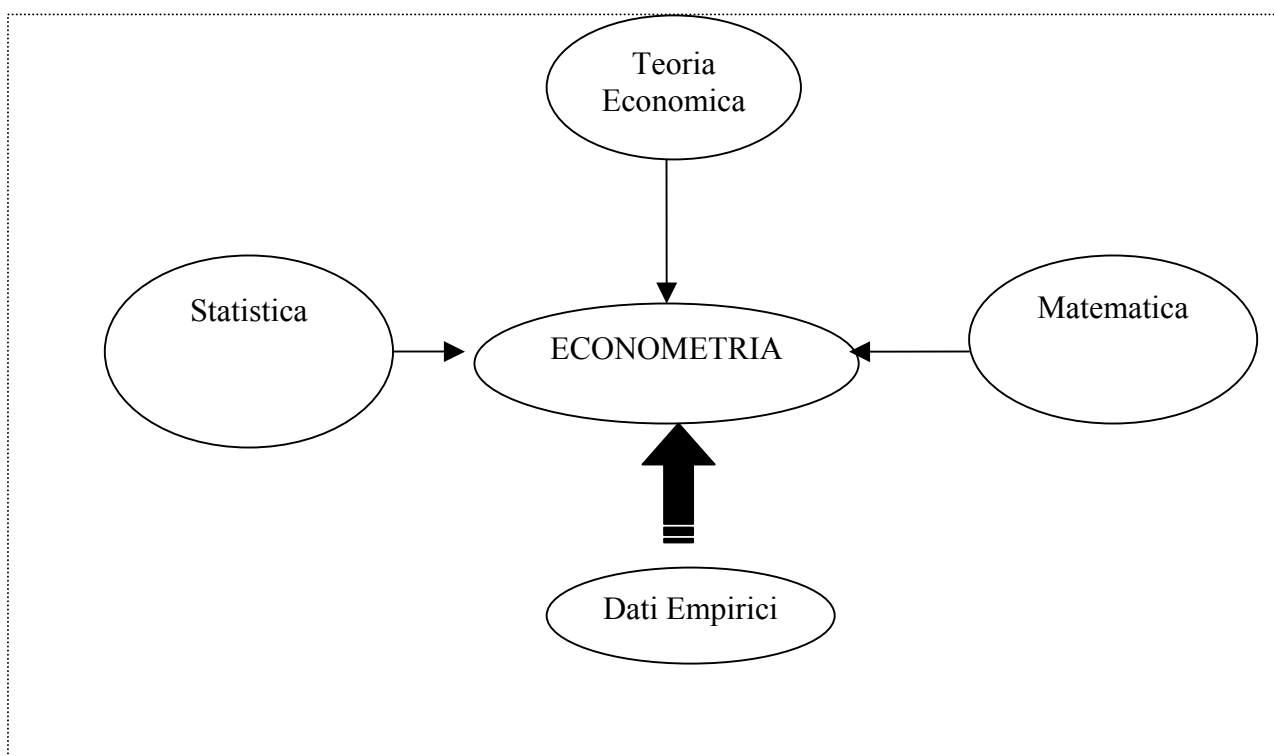


FIGURA 4

Così, laddove nella econometria classica l'evidenza empirica gioca un ruolo di supporto alla teoria economica, nell'econometria delle serie storiche la prospettiva risulta, in un certo senso, ribaltata: sono i dati –ovvero l'evidenza empirica - a delineare il quadro di riferimento e la teoria economica interviene per *certificare* la coerenza dei risultati acquisiti su base statistica con i principi condivisi dagli economisti.

4. Il rapporto con le scienze naturali

Come casi emblematici di simbiosi fra le problematiche inerenti alle ricerche econometriche e strumenti e metodi sviluppati nell'ambito delle scienze fisiche e naturali si possono ricordare i seguenti:

- a) l'analisi della struttura causale del modello nell'ottica della teoria dei sistemi ad anello aperto e chiuso, quali immagini speculari delle nozioni di ricorsività ed interdipendenza.
- b) L'enucleazione dalle serie storiche economiche – che costituiscono la base empirica di una ricerca econometrica – delle componenti di lungo e medio periodo oggetto della modellizzazione, identificabili con le nozioni di trend e ciclo.
Poiché alla qualificazione di lungo, medio e breve periodo per le componenti delle serie storiche economiche, può essere fatta corrispondere – nel parallelo dominio frequenziale – una caratterizzazione per bande di frequenze (basse, intermedie ed alte), l'enucleazione delle componenti dai dati può essere opportunamente condotta con le tecniche proprie della teoria dei segnali e dei filtri (con le naturali analogie elettriche ed ottiche e con le pertinenti strumentazioni analitiche).

Un terzo punto di collegamento è rappresentato dalle componenti stocastiche in gioco: l'errore dei modelli strutturali è assimilabile alla nozione di rumore (bianco o colorato in funzione dell'assenza o meno di autocorrelazione), laddove i cosiddetti trend stocastici dell'econometria delle serie storiche si rifanno alla nozione di cammino causale.

Qui di seguito illustreremo alcuni aspetti salienti dei temi a cui abbiamo fatto cenno.

4.1 L'analisi della struttura causale dei modelli econometrici nell'ottica della teoria dei sistemi

In un modello econometrico ogni singola equazione rappresenta una specifica relazione, desunta dalla teoria economica, che esprime un legame fra una variabile endogena (al primo membro) ed un insieme di variabili (al secondo membro) che sono considerate esplicative della prima.

Le relazioni espresse dal modello possono rappresentare dei legami unidirezionali, interpretabili in termini di causa-effetto. La natura delle connessioni fra variabili può peraltro condurre a configurare l'esistenza di legami bidirezionali, caratterizzati cioè dalla presenza di fenomeni di "feedback", dando luogo al fenomeno della interdipendenza.

Dal collegamento fra i concetti di causalità e interdipendenza e le nozioni di modello come sistema ad anello aperto e chiuso, discende la possibilità di applicare all'analisi della struttura causale dei modelli econometrici strumenti e tecniche messi a punto in ingegneria per lo studio dei sistemi con retro-azione.

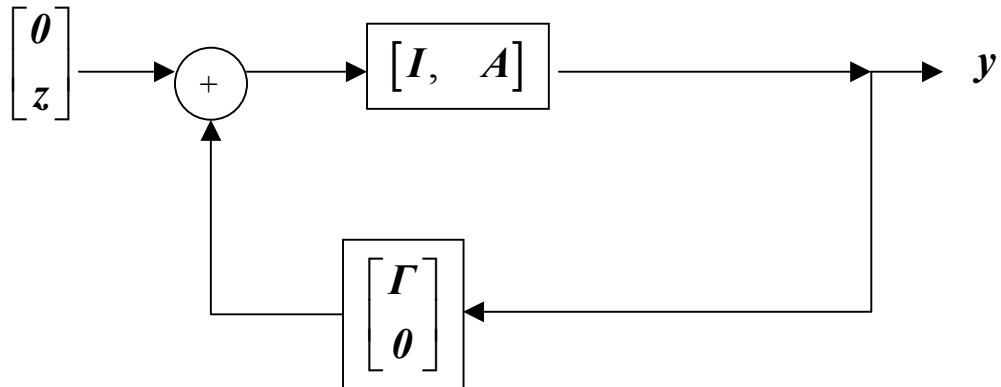
Come è noto un modello econometrico – che supporremo per semplicità lineare – può essere rappresentato in forma strutturale come una equazione del tipo:

$$\mathbf{y} = \Gamma \mathbf{y} + \mathbf{A} \mathbf{z} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

Dove Γ ed \mathbf{A} rappresentano matrici di coefficienti, \mathbf{y} e \mathbf{z} stanno ad indicare i vettori delle endogene e delle predeterminate, e $\boldsymbol{\varepsilon}$ è un vettore di errori non sistematici. Ignorando il termine di errore, l'equazione suddetta può essere così riformulata:

$$y = [I, A] \begin{bmatrix} 0 \\ z \end{bmatrix} + [I, A] \begin{bmatrix} \Gamma \\ 0 \end{bmatrix} y$$

e quindi letta come “forma primaria” di un sistema da anello chiuso come rappresentato nella figura sottostante.



Alla luce della rappresentazione di cui sopra la matrice

$$[I, A] \begin{bmatrix} \Gamma \\ 0 \end{bmatrix} = \Gamma$$

assume il significato di fattore di reazione del sistema.

La natura causale o interdipendente dei legami fra le endogene, risulta dipendere dalle caratteristiche strutturali della matrice reazione Γ , ai sensi delle seguenti proposizioni:

- se Γ è nulla il sistema è ad anello aperto: è il caso di un modello con equazioni non interconnesse;
- se tutti gli autovalori di Γ sono nulli il modello è del tipo a catena causale: è il caso di un sistema ricorsivo;
- se Γ ha struttura triangolare a blocchi il modello si compone di sottomodelli connessi in cascata: è il caso di un sistema ricorsivo a blocchi;
- se Γ è irriducibile il modello è interdipendente.

4.2 L'enucleazione dai dati storici delle componenti di interesse nell'ottica della teoria dei segnali

Le serie storiche economiche – con cadenza tipicamente mensile o trimestrale – costituiscono il materiale empirico di base delle ricerche econometriche.

Dette serie si presentano come la risultante dell'effetto congiunto di componenti comunemente note come *trend*, *ciclo*, *stagionalità* e *componente accidentale*.

Il significato delle componenti può essere sintetizzato come segue:

- la nozione di *trend* è quella di comportamento regolare di fondo, o di lungo periodo, caratterizzato da un andamento monotono o unimodale sull'arco temporale considerato.
- La nozione di *ciclo* è quella di componente legata ai movimenti congiunturali, o di medio periodo, della serie. Tale componente presenta un andamento oscillatorio alquanto irregolare, il cui periodo è dell'ordine di alcuni anni con un'ampiezza delle escursioni che può mutare nel tempo.
- La nozione di *componente stagionale* è quella di fluttuazione, su base annuale, della serie legata al ritmo delle stagioni, e come tale riferibile ai movimenti di breve periodo. Detta componente presenta un andamento oscillatorio di periodicità annuale, con ampiezza variabile nel tempo.
- La *componente accidentale* va intesa come l'effetto risultante dalle fluttuazioni erratiche che influenzano in maniera non sistematica il fenomeno in esame.

Trend, ciclo e stagionalità, congiuntamente presi, costituiscono la componente sistematica, interpretabile come **segnale**, mentre il termine residuale costituisce la componente di disturbo, interpretabile come **rumore**.

E' possibile dare delle componenti all'oggetto una chiave di lettura in termini frequenziali, facendo corrispondere alle nozioni di lungo, medio e breve periodo le nozioni di basse, medie ed alte frequenze.

Così facendo, la componente ciclo-trend si colloca nella gamma delle frequenze medio-basse, mentre la componente stagionale si colloca alle alte frequenze (la componente di disturbo si spalma sull'intero arco delle frequenze ammissibili).

In quest'ottica, il problema dell'enucleazione (ovvero della stima) del ciclo-trend assume le connotazioni proprie di un problema di filtraggio, ovvero della ricerca di una trasformazione che, operando sulla serie originale alla stregua di un filtro passa-basso, lasci inalterate le componenti di bassa frequenza, non attenui significativamente le componenti di media frequenza ed elimini, o comunque attenui drasticamente, le componenti di alta frequenza.

Fausto Borgonovi
(Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano)

Procedimenti di misurazione, predicibilità e determinismo nelle leggi della fisica

Mi è stato chiesto, in qualità di fisico di partecipare a questa giornata dedicata all'economia quantitativa con uno sguardo, in particolare, ai suoi possibili aspetti tecnologici.

Sempre come fisico, mi è stato richiesto di mettere in luce quali sono le caratteristiche che rendono questa disciplina fortemente predittiva rispetto, ad esempio, ad una disciplina catalogabile nell'ambito delle scienze umane. Cercando di non annoiare troppo l'uditorio, non vorrei parlare qui dello o degli scopi della ricerca in fisica quanto, piuttosto, del suo presunto potere predittivo e, se possibile, di comprenderne le ragioni.

La fisica, come molte altre discipline naturali, è una scienza sperimentale, deve cioè essere continuamente verificata in laboratorio a dispetto di gran parte dell'attuale ricerca in fisica, in cui io stesso opero, di carattere prevalentemente teorico. Il metodo sperimentale, così come formulato da Galileo, garantisce che i risultati di certi esperimenti, descritti in modo minuzioso e sotto particolari condizioni siano riproducibili in tutti i laboratori del mondo. Ovvero, una misura sperimentale risulta essere scientificamente vera se può essere riprodotta, entro un certo errore sperimentale, da tutti, sotto le medesime condizioni. Questo è uno dei motivi per cui anche fatti recenti come la cosiddetta fusione fredda sono stati screditati scientificamente : i risultati che essi sostenevano di ottenere sono stati contraddetti dalla maggior parte dei laboratori mondiali e come tali rifiutati dalla stragrande maggioranza della comunità scientifica.

Questo però è vero solo in parte. Ad esempio l'attuale fisica di punta, quella delle particelle elementari, richiede contributi così grandi che in pratica solo uno o forse due laboratori al mondo sono in grado di riprodurre tali risultati : ciò vuol forse dire che i dati ottenuti non sono presi in considerazione dalla comunità scientifica? Assolutamente no e anche se la cosa lascia perplessi alcuni fisici i risultati da loro ottenuti sono da tutti considerati scientificamente validi (e il premio Nobel dato a Carlo Rubbia lo conferma). L'assenza di riproducibilità non è però dettato solo da ragioni squisitamente economiche : tutta l'attività scientifica che va sotto il nome di astrofisica si basa su osservazioni relative ad eventi accaduti milioni di anni fa e assolutamente non riproducibili. Ed ovviamente anche queste attività sperimentali godono di grande prestigio scientifico internazionale.

Lasciamo però per il momento da parte il discorso sulla riproducibilità per concentrarci invece sul potere predittivo, o almeno presunto tale, della fisica.

Attraverso lo studio sistematico delle leggi (o equazioni) che regolano i fenomeni naturali, la fisica è riuscita a costruire alcuni semplici modelli matematici che applicati alla pur complessa realtà sono in grado di prevedere, con grande precisione, il verificarsi di certi eventi. Sappiamo esattamente a che ora sorgerà il sole domani o tra sei mesi, o quando avverrà la prossima eclissi o, ancora, quanto tempo impiegherà una sfera a cadere da 10 metri di altezza nel vuoto in un qualsiasi punto della terra, note che siano latitudine ed altitudine. Ma davvero il suo potere predittivo si basa sulla misura di grandezze ottenute mediante procedimenti oggettivi di confronto con una unità di misura?

Facciamo un altro esempio per meglio chiarire il concetto : mentre è possibile calcolare con grande esattezza dove cadrà la sfera dell'esempio precedente (anche tenendo conto dell'eventuale rotazione terrestre e quindi della deviazione verso est della caduta rispetto alla verticale) ed in quanto tempo, immaginiamo di fare il seguente esperimento. In una giornata ventosa saliamo sul grattacielo Pirelli e lasciamo cadere una foglia dall'ultimo piano. Nessuna persona di buon senso è in grado di dirci dove cadrà la foglia e soprattutto in quanto tempo. Vuol forse dire che non stiamo misurando in modo oggettivo? Certamente no, il punto è che vi sono altre variabili in gioco, escluse nell'esperimento ideale descritto in precedenza, quali la forma della foglia, il suo attrito con l'aria e soprattutto la direzione e intensità del vento in ogni punto dello spazio. In che modo la fisica ci aiuta? Ovvero, come può rendere predicibile tale fenomeno naturale? In teoria è relativamente semplice : basta aggiungere in ogni punto dello spazio e ad ogni istante di tempo un campo di forze (ovvero un vettore) che ci fornisce in quel punto e in quell'istante l'intensità e soprattutto la direzione della forza. In pratica, non basterebbe il computer più potente del mondo per poter prevedere questo fenomeno, nemmeno con un errore sul possibile risultato del 100 per cento. Mi si dirà che questo non è compito del fisico che deve semplicemente capire le leggi fondamentali che governano i fenomeni naturali. Un mio vecchio professore di fisica teorica dell'Università era solito dire che i fisici non devono risolvere le equazioni ma solo scriverle. Permettetemi di dissentire da questo tipo di atteggiamento: un fisico deve essere in grado, a mio parere, di fornire modelli matematici in grado di prevedere, con un errore stimabile, l'esito di certi fenomeni naturali. Se si assume questa, opinabile ovviamente, come definizione del ruolo del fisico (almeno di quello teorico) si comprende come non si discosti molto da quello dell'economista che deve prevedere di quanto si discosterà il PIL del prossimo anno rispetto a quello dell'anno corrente.

Il fisico e l'economista dunque cercano entrambi di fare delle previsioni basandosi su modelli matematici, in sostanza su equazioni tra variabili che possono essere "osservabili", o perlomeno riconducibili a osservabili.

Ho qui introdotto un altro concetto che forse risulterà essere fondamentale per capire le eventuali differenze tra i rispettivi poteri predittivi : il concetto di osservabile fisica. Una osservabile in fisica è una grandezza che può essere misurata direttamente utilizzando il metodo scientifico descritto in precedenza e dovuto a Galileo. Questo ovviamente non toglie che alcune fondamentali equazioni della fisica non contengano come variabili delle osservabili: mi riferisco, nello specifico, all'equazione fondamentale della fisica microscopica moderna, nota come equazione di Schrodinger, che si riferisce ad una grandezza, detta ψ o ampiezza di probabilità che non ha diretto significato fisico. La teoria ci dice però come relazionarsi agli esperimenti : il modulo elevato al quadrato della stessa rappresenta la densità di probabilità di trovare la particella microscopica in un certo punto dello spazio ad un certo istante di tempo. Un altro elemento di disturbo

fa la sua comparsa : la probabilità. Come è possibile che una teoria fisica sia in grado di fornire, al meglio, solo la probabilità relativa ad una certa misura?

Ripeto meglio la cosa perché a mio avviso è essenziale : il risultato di una misura fatta nelle stesse identiche condizioni (stesso apparato, stesse condizioni iniziali) riesce a fornire solo la probabilità relativa ad un certo evento.

Abbiamo forse a che fare anche qui, come nell'esempio precedente, con variabili "nascoste" come la velocità del vento, che ci impediscono di determinare esattamente il risultato dell'esperimento? La risposta è no : la meccanica quantistica è una teoria irriducibilmente statistica ed ogni teoria che preveda l'uso di variabili aggiuntive ma ignote che possa essere concepita è destinata all'insuccesso (è stato dimostrato che ciò sarebbe possibile solo rinunciando al principio di località).

Fatemi fare un passo indietro riguardo il concetto e l'uso della probabilità in fisica. Viene spesso scritto che la statistica, all'interno della matematica rappresenta la teoria dell'ignoranza, ovvero che la si deve introdurre qualora il sistema sia così complesso da poter sopperire a questo deficit di informazioni solo con concetti di tipo statistico. Permettetemi ancora una volta di dissentire da questo punto di vista.

Per chiarire meglio questa posizione ricorriamo ancora una volta ad un esempio preso dalla fisica. Supponiamo di voler descrivere il comportamento di un certo volume di gas ad una data pressione e temperatura. La relazione che lega tra loro queste grandezze macroscopiche (ovvero misurabili direttamente in laboratorio) pressione, temperatura e volume si chiama equazione di stato e la scienza che studia le varie trasformazioni tra queste (e altre) grandezze macroscopiche si chiama Termodinamica. I successi ed i risultati ottenuti da questa disciplina sono sotto gli occhi di tutti nonostante questa equazione non ci dica nulla sulle leggi microscopiche che governano tali fenomeni. I veri progressi significativi furono fatti allorché si riuscì a collegare i meccanismi di interazione tra i singoli costituenti microscopici (gli atomi o le molecole che compongono i gas) e tali leggi microscopiche. Storicamente ciò fu dovuto a Boltzmann che insieme a Gibbs contribuì in modo determinante alla nascita della cosiddetta Meccanica Statistica il cui scopo fu proprio quello di riuscire a creare un ponte tra le leggi microscopiche della Meccanica, a cui sono soggetti i singoli atomi, e le leggi della Termodinamica a cui sono soggette le variabili macroscopiche. Comprendere come i meccanismi microscopici influiscano sul comportamento macroscopico non costituisce un mero esercizio accademico : esso fornisce gli ingredienti indispensabili per la costruzione di quel modello matematico che può avere, o meno, potere predittivo.

E' altresì chiaro che l'uso della statistica in questo caso non è dovuto alla nostra ignoranza sullo stato iniziale (che pure esiste) quanto alla totale inutilità che una tale conoscenza avrebbe per prevedere il comportamento macroscopico. Anche se potessimo avere a disposizione un supercomputer in grado di calcolare tutte le traiettorie dei miliardi di miliardi di particelle racchiuse entro il volume dato, tale conoscenza risulterebbe irrilevante per poter prevedere, ad esempio, quale sia la temperatura del gas. La temperatura viene cioè ad assumere un duplice aspetto: da una parte quella di una grandezza macroscopica che si misura con un termometro, ma nel contempo, microscopicamente, come l'energia cinetica media delle molecole o degli atomi che costituiscono il gas. E con media si intende ovviamente il noto concetto statistico.

Anche qui è impensabile, ma soprattutto inutile, misurare l'energia cinetica di ogni singola molecola, mentre il valor medio su tutto l'insieme rappresenta una grandezza osservabile e misurabile sperimentalmente.

Nel caso della Meccanica Quantistica, o almeno di quella che è l'attuale interpretazione di essa (universalmente accettata ma non condivisa nel passato da fisici illustri quali Einstein) la situazione è ancora peggiore, nel senso che l'interpretazione statistica non è semplicemente più utile ma addirittura inevitabile!

Riassumiamo brevemente quello detto fino ad ora in questa prima parte: il fisico si occupa di modelli matematici con la presunzione di poter essere in grado di fornire delle previsioni riguardo l'accadimento di certi fenomeni. Inoltre utilizza, nella maggior parte dei casi, metodi investigativi di tipo statistico.

Fino ad ora abbiamo ignorato l'aspetto modellistico soprattutto in relazione con il grado di previsione raggiungibile. Diciamo, in modo piuttosto grossolano, che i modelli studiati in fisica appartengono a due classi: deterministici e stocastici. Si potrebbe essere indotti, a questo punto, di mettere in relazione la predicibilità con l'utilizzo di un modello appartenente alla prima classe piuttosto che all'altra, ma la realtà, come spesso accade, è sempre molto più complessa.

Vediamo in dettaglio le due tipologie. I modelli cosiddetti stocastici, sono quelli in cui l'effetto delle forze in gioco viene introdotto nella forma di una variabile casuale dotata di una certa distribuzione di probabilità. In fisica, ancora una volta, forse il primo a farne uso esteso è stato Einstein, nella sua descrizione del moto Browniano. Particelle microscopiche (qualche micron) immerse in una sospensione liquida ad una certa temperatura sono soggette ad un moto irregolare, (una traiettoria a zig-zag) che rende assolutamente impossibile prevedere con esattezza la loro posizione futura. In realtà oggi sappiamo che il loro movimento è determinato dalle milioni di collisioni che la particella subisce dalle molecole del liquido circostante.

Supponendo che la forza impressa dalle molecole alla particella sia semplicemente casuale, un rumore bianco come viene detto in termini matematici, è possibile determinare in modo statistico la probabilità di trovare la particella ad un certo istante temporale entro una qualsiasi sfera di raggio R centrata attorno alla posizione iniziale. (In realtà Einstein, studiando lo spostamento quadratico medio della particella riuscì a dare una caratterizzazione sperimentale esplicita del numero di Avogadro, ovvero del numero di particelle contenute in una mole di sostanza). L'equazione che si ottiene, detta equazione di Langevin, è alla base di importanti teorie fisiche, ad esempio la reaction rate theory. Importanti settori della fisica utilizzano in modo estensivo concetti statistici, penso in particolar modo alla teoria delle matrici a caso che ha fornito importanti risultati nel campo della fisica nucleare. Modelli matematici in cui una o più variabili sono inserite dall'esterno, avendo certe distribuzioni di probabilità derivati da alcune semplici osservazioni o requisiti fisici minimali sono abbastanza comuni in fisica e solitamente forniscono indicazioni molto utili riguardo la possibilità di effettuare certe misure ed ottenere conseguentemente certi valori.

Questo è un punto delicato su cui vorrei fare delle osservazioni. In fisica, anche se gli elementi casuali vengono introdotti in modo arbitrario nella teoria (o nel set di equazioni che sono alla base del modello matematico costruito) devono sempre essere relazionati con delle osservabili fisiche. Ad esempio, nel moto Browniano, la correlazione tra le posizioni della particella a due diversi istanti temporali si dimostra avere una semplice relazione con la temperatura del fluido in cui è immersa.

In questo senso penso, anche se non sono un esperto del settore, che le assonanze con il mondo dell'economia siano numerose.

Ma c'è di più. Infatti, anche i cosiddetti modelli deterministici, se studiati a fondo ed in una certa ottica non lo sono poi così tanto! Ma come è possibile che un modello deterministico dia luogo a previsioni non deterministiche o casuali?

Facciamo un passo indietro e partiamo dalla stessa Meccanica Classica che tanti successi ha mietuto a partire dal secolo scorso.

Si è soliti citare in quest'ambito il motto di Laplace, il quale contemplando la bellezza delle equazioni di Newton, affermava che l'unico ruolo di Dio era quello di un grande orologiaio che mette in moto tutti i meccanismi dell'universo. Sotto questa sovraumana carica l'universo evolveva in un modo assolutamente deterministico, soggetto alle sole leggi di interazione tra le sue particelle costituenti : datemi le condizioni iniziali

(velocità e posizioni) di tutti i punti ad un qualsiasi istante di tempo (detto iniziale) e vi saprò dire dove saranno tutti i punti ad un qualsiasi istante finale (note che siano le leggi delle forze tra i vari elementi). Non c'è alcuna libertà in tale universo, tutto è deterministicamente prevedibile. La conclusione di Laplace segue dal fatto che le equazioni di Newton per un sistema di N particelle sono un sistema di N equazioni differenziali del secondo ordine (oppure $2N$ del primo ordine) e che quindi la soluzione esiste ed è unica assegnando le condizioni iniziali su posizioni e velocità di ogni singolo punto ad un qualsiasi istante di tempo t (problema di Cauchy).

In realtà il primo ad infrangere il sogno di Laplace fu un altro grande fisico matematico del secolo scorso: Poincaré, con i suoi studi sul problema dei 3 corpi soggetti ad una reciproca interazione gravitazionale. Purtroppo Poincaré non aveva a sua disposizione, all'epoca un computer (strumento indispensabile oggi) così che i suoi studi rimasero a lungo quasi ignorati. Oggi, comunque, si sa che la caratteristica principale delle equazioni di Newton è la non linearità che porta alla cosiddetta dipendenza sensibile dalle condizioni iniziali. Dal punto di vista matematico il problema è ben noto e consiste nell'affermare che le soluzioni future, pur essendo perfettamente deterministiche dipendono in modo esponenziale dall'errore sulle condizioni iniziali. La rilevanza sul piano fisico è enorme: siccome la misura di una qualsiasi osservabile fisica può essere effettuata solo a meno di un certo errore sperimentale, ne discende, inevitabilmente, che ogni previsione futura sarà affetta da una incertezza esponenzialmente grande nel tempo: tanto più saranno richieste previsioni a lungo termine tanto più l'esito sarà incerto. In altri termini ogni sistema non lineare possiede una certa caratteristica, detto tempo di Lyapunov, al di sotto del quale sarà possibile fare previsioni e controllare l'errore su di esse, mentre, al di sopra di esso, dovremo abbandonare ogni tipo di certezza deterministica. Ogni sistema è caratterizzato dal proprio tempo di Lyapunov, che può essere piccolo: qualche secondo per un fluido turbolento o qualche giorno per le previsioni meteorologiche), o molto grande (qualche milione di anni) per i corpi siderali (e ciò spiega la grande precisione con cui riusciamo a predire il moto dei pianeti). La gravità della situazione non si limita però alla sola dipendenza sensibile dal dato iniziale, ma anche a quello che si chiama effetto delle piccole perturbazioni (noto al grande pubblico come effetto butterfly).

E' possibile che il battito delle ali di una farfalla a Pechino provochi un maremoto nel Golfo del Messico? Matematicamente il problema è molto complesso, una generica piccola perturbazione che facciamo agire sul nostro sistema (e sempre ci sono perturbazioni: si ricordi che il modello è sempre un'astrazione della realtà che è ovviamente più complessa ed articolata) ha come effetto generico quello di produrre caos, ovvero indeterminismo sul comportamento futuro. E quando si è in presenza di indeterminismo l'unica cosa sensata che possiamo fare è ricorrere ad un approccio di tipo statistico, il quale ci permetterà di fornire previsioni esatte circa le probabilità con cui certi eventi si potranno verificare o meno.

Volendo tirare delle conclusioni: la fisica si occupa della descrizione della realtà. Tale descrizione viene fatta attraverso dei modelli matematici che riescano ad estrapolare le leggi nascoste che governano i fenomeni naturali e a coglierne gli aspetti essenziali. I modelli possono essere deterministici o stocastici ma, spesso e volentieri, per entrambi si riesce al più ad avere risposte di tipo probabilistico. Un modello deterministico è sempre costruito a partire da grandezze osservabili, ovvero direttamente o indirettamente misurabili sperimentalmente. Un modello stocastico dipende invece da grandezze ignote di cui si ipotizza una certa distribuzione di probabilità la quale risulta però essere direttamente collegata alle osservabili.

Angelo Zanella

*(Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere,
Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano)*

Procedimenti di misurazione nell'ambito delle discipline economico-sociali

- a) Si considera, in primo luogo, il procedimento di misura di una grandezza in ambito tecnologico nel quale è possibile accertare il valore vero della grandezza a meno di un errore aleatorio trascurabile rispetto a detto valore e quindi acquisire, ad un certo istante, in modo sostanzialmente esatto, lo stato di funzionamento di un processo.
- b) Per le grandezze economiche, tipicamente di natura monetaria, si tratta di accertare, per un determinato periodo, l'ammontare totale o quello medio di una popolazione e si devono utilizzare, per la loro stima, il risultato di indagini campionarie. L'errore medio di misura risulta quindi incrementato a causa della variabilità dovuta al campionamento. L'utilizzazione di schemi di campionamento efficienti assicura, però, che l'errore di misura di un totale o di una media aritmetica, rimane in pratica trascurabile rispetto al valore vero che può localizzarsi con sufficiente accuratezza. Viene illustrato questo aspetto con riferimento alla spesa familiare annua media.
- c) L'obiettivo diviene diverso se si è interessati non ad accertare una situazione in determinato periodo di tempo, ma si vogliono delle previsioni per periodi futuri in base ad un modello economico e/o econometrico. In questo caso l'errore di misura e di campionamento può risultare incrementato in modo non direttamente valutabile a causa della non esatta conoscenza del modello interpretativo o anche per l'impossibilità di realizzare gli interventi correttivi sul sistema economico suggeriti dal modello. Un caso tipico viene ravvisato nella previsione della misura dell'inflazione.
- d) 1) Si osserva che la condizione di equilibrio di una economia di mercato può collegarsi alle scelte dei soggetti economici, cioè, in definitiva, alle scelte di individui che operano in accordo ad un'entità difficilmente definibile in termini generali e pertanto difficilmente "misurabile" indicata, appunto, come Utilità. Sorge il quesito, suggerito ad esempio dalla teoria cinetica dei gas, che, come per un gas ha scarso interesse, ad esempio, la velocità di una singola molecola ma lo ha invece il valore medio dell'energia cinetica delle molecole, espresso dalla temperatura, così può avere scarso interesse generale la misura dell'utilità percepita da un singolo consumatore, e si può invece pensare che abbia interesse qualche indicatore globale, che, – argomento da approfondire –, si ritiene possa collegarsi ai prezzi di mercato.

- 2) Di fronte ad una pluralità di alternative soggette ad incertezza, che è una situazione tipica del “decisore” in ambito finanziario e d’impresa, la teoria di von Neumann-Morgenstern-Savage – che è stata soggetta a valutazioni critiche, revisioni e complementi – può essere utile per orientare verso le scelte che massimizzano l’utilità media, rispetto alle distribuzioni di probabilità ipotizzate, per le possibili conseguenze delle decisioni.
- 3) Nelle ricerche di mercato, poi, la formulazione della nozione di utilità diviene più concreta e le tecniche psicometriche spesso utilizzate, consentono di individuare il “prodotto” più utile.
- 4) Si è infine ricordato come è disponibile una metodologia statistico-probabilistica per la quantizzazione dei concetti, della quale si deve ancora approfondire l’impiego per la valutazione dell’utilità.