

Economia matematica: una visione personale*

Sono nato nel Midwest, il cuore dell'America, e sono cresciuto ignaro del vasto mondo del sapere. Quando andai ad Harvard mio nonno mi disse di studiare legge; lui, che da avvocato era divenuto banchiere, pensava forse che un giorno avrei potuto prendere il suo posto. Fu così che studiai scienze politiche, come preparazione a giurisprudenza. Harvard mi schiuse in modo miracoloso il mondo della conoscenza, cancellando velocemente ogni mia aspirazione a studiare legge. Misi insieme, nel mio curriculum, storia, economia, filosofia (Whitehead), letteratura e storia dell'arte. Mi iscrissi all'università nel fatidico 1930, e nei quattro anni di corso osservai il crollo pressoché totale dell'economia americana. Ebbi anche occasione, allora, di sentire il mio professore di tecnica bancaria, che era anche vicepresidente della Federal Reserve di New York, ammettere a lezione di non sapere il perché della chiusura di tutte le banche ordinata il giorno prima dal Presidente. La banca di mio nonno non riaprì più e a sua volta anche mio padre fallì. Concentrai la mia attenzione su tali avvenimenti: la mia trasformazione là si può giudicare dal fatto che argomento della mia tesi di laurea fu il marxismo. Avendo osservato l'incompetenza e l'impotenza del governo, decisi di passare all'economia, sperando di trovarvi la chiave di comprensione degli eventi: anche se ciò non era vero per l'inutile ortodossia dell'epoca.

Fornito di una borsa di studio per Oxford, andai dapprima in Germania per verificare di persona il volto repellente del nazismo. Dopo questa brutta esperienza passai tutte le vacanze in Italia, che divenne per me, e lo è ancora, la terra promessa. A Oxford mi laureai in filosofia, politica ed economia, ma studiai poco, passando il mio tempo tra attività politica e viaggi in Italia per studiare pittura. Agli

* Contributo a una serie di reminiscenze e riflessioni su esperienze professionali di illustri economisti. La serie ha avuto inizio nel numero di settembre 1979 di questa *Rivista*.

esami, per prova, diedi risposte di preta impronta marxista tutte le volte che ciò era possibile: come previsto, ebbi brutti voti. Il terzo anno dovetti decidere seriamente che tipo di economia studiare. Scelsi l'economia monetaria e creditizia, perché era un argomento tecnico in cui il mio marxismo non sarebbe stato così evidente: sapevo infatti che come marxista non avrei trovato lavoro in un'università americana. La mia vita è stata un succedersi di errori come questo: dopo qualche anno di insegnamento trovai insopportabile dedicarmi ad una materia che era completamente estranea ai miei interessi. Spostai pertanto la mia attenzione sul cattivo funzionamento di un'economia di libero mercato che si manifesta nella forma dei cicli economici.

Quando tornai a Harvard caddi sotto il fascino del razionalismo appassionato di Schumpeter. Questi, essendo un reazionario intelligente, conosceva perfettamente il contributo fondamentale di Marx. Egli gradiva particolarmente l'amicizia di Paul Sweezy e la mia proprio perché non eravamo d'accordo con lui, e anche perché ci immaginava elementi tipici della degenerazione del capitalismo: entrambi avevamo infatti uno sfondo familiare di banchieri. Il più grande errore scientifico della mia carriera avvenne nel 1938-9 quando Schumpeter mi chiese di informarlo su un nuovo importantissimo articolo: il saggio che von Neumann aveva presentato al seminario Menger, e che riproduceva quello dato a Princeton nel 1932. Quando capii che von Neumann includeva nel prodotto corrente tutti gli impianti e macchinari che rimanevano alla fine del processo produttivo, mi affrettai a giudicare tale ipotesi completamente irrealistica. Sono ancora di quest'opinione, sebbene, retrospettivamente, comprenda l'enorme semplificazione che in tal modo si ottiene. Comunque, purtroppo, riferii a Schumpeter che quell'articolo non era niente di più che un pezzo di bravura matematica. Non vidi che esso conteneva due aspetti che stavano particolarmente a cuore a Schumpeter: una soluzione rigorosa del problema centrale di Walras, e una dimostrazione del fatto che il tasso di profitto è legato alla crescita e non alla quantità di capitale. Quando preparai per la pubblicazione l'ultima parte della *Storia dell'analisi economica* non trovai nessun riferimento a ciò che ora mi appare come uno dei più grandi contributi originali di questo secolo: forse, per colpa della mia cecità.

* * *

Un giorno mi capitò di dare un seminario davanti a un gruppo di colleghi, nel quale cercavo di dimostrare che era una buona cosa dar da mangiare ai disoccupati a un prezzo al di sotto del normale. Nel bel mezzo della mia esposizione venni interrotto da qualcuno che, opponendosi alla mia tesi, richiamò un teorema che, ricorrendo ai moltiplicatori di Lagrange, dimostra come un punto di massimo sociale implichi un prezzo unico per ciascun bene. Quest'esperienza in qualche modo traumatica mi ha indotto a cercare, per il resto della mia vita, di essere in grado di comprendere, almeno a livello dilettantistico, l'uso (e gli abusi) della matematica nell'analisi economica. Divenni così un 'matematico della domenica', cioè uno che coltiva quella magia nera nel tempo libero.

Il ruolo della matematica applicata nell'analisi economica è stato enormemente produttivo, dal punto di vista sia quantitativo sia qualitativo. Può essere utile ricordare alcuni fra i contributi più importanti. Proporrò, peraltro, una visione molto personale, poiché è impossibile trattare l'argomento nella sua interezza nel breve spazio che qui mi posso concedere. Già all'inizio del diciannovesimo secolo, Cournot riuscì a fornire un'analisi sofisticata del comportamento di un'impresa in un mercato concorrenziale. Ma il grande salto avanti lo fece Walras: questi formulò esplicitamente il problema fondamentale, quello della soluzione simultanea e ottimale di un numero molto grande di equazioni necessarie a determinare il valore di tutti i beni economici, e contemporaneamente propose un metodo per determinare tale soluzione per tentativi, metodo che voleva fornire una prova costruttiva dell'esistenza di quella che egli riteneva essere l'unica soluzione. Con grande intelligenza Pareto sviluppò l'idea dell'ottimalità della soluzione; e Barone, sottolineando il grande numero di equazioni da risolvere, notò acutamente l'impossibilità di procedere a un calcolo effettivo delle loro soluzioni, almeno ai fini della pianificazione. Tutto ciò ha condotto a interpretare il meccanismo di formazione dei prezzi di mercato in una situazione di concorrenza perfetta come un mostruoso calcolatore analogico, che sarebbe in grado di produrre le soluzioni ottimali: visione che è ancora piuttosto dominante, specialmente negli Stati Uniti.

Vi sono serie manchevolezze in questa visione, fra l'altro la sua irrilevanza concreta, perché un sistema perfettamente concorrenziale non esiste. Ma anche sotto il profilo puramente teorico vi è in essa un aspetto del tutto insoddisfacente: essa prescinde completamente dal tempo. Ciò che si richiede è un insieme di soluzioni per tutti i prezzi e tutti i livelli di produzione fino a un futuro infinitamente lontano.

Audaci sforzi sono stati fatti in questa direzione; ma si possono veramente ritenere plausibili o illuminanti? Wicksell diede una formulazione analiticamente precisa del problema, raffinando la concezione austriaca del capitale e del tempo, ma non riuscì a svilupparla in un senso dinamico. Anche Irving Fisher, allievo del matematico Willard Gibbs, dedicò considerazioni chiarificatrici al problema senza tuttavia risolverlo. Forse avvertendo tale difficoltà Cassel semplificò il sistema walrasiano, e lo trattò positivisticamente come un sistema di equazioni lineari nelle incognite livelli di produzione e con un saggio interno di crescita costante. Molto più profondo, e ricco di influenza, fu il contributo del grande matematico von Neumann, che, dopo aver sviluppato rigorosamente la teoria dei giochi, compì uno di quegli stupefacenti salti d'immaginazione applicandola all'economia (e alla meccanica quantistica). Egli, partendo da una sorta di potenziale bilineare quadratico, lo risolse in due insiemi duali lineari (valori e livelli di produzione), con un numero di equazioni superiore a quello delle variabili; in tal modo, lasciò spazio alla scelta e alla possibilità di un comportamento ottimizzante. Von Neumann non solo risolse il problema di Walras dimostrando l'esistenza di una soluzione ottimale *minimax* (tale soluzione, riferendosi ad un sistema omogeneo, è indipendente dalla scala); ma riuscì anche a derivare un determinato saggio del profitto eguale al saggio di crescita della produzione. Il suo articolo di sole nove pagine, che — ripeto — era il risultato di un seminario tenuto a Princeton nel 1932, deve essere a mio parere considerato il maggior progresso analitico individuale della storia dell'analisi economica in questo secolo, e forse sin dai tempi di Adam Smith e degli economisti classici degli inizi dell'Ottocento. Da esso ha avuto avvio una vasta letteratura, che include la programmazione lineare, la teoria dei giochi e del comportamento economico, e la re-introduzione della dinamica nell'analisi economica, insieme con una revisione della teoria del capitale e dell'interesse.

Seguendo un approccio in gran parte indipendente dall'approccio continentale caratterizzato da una maggior astrattezza, la scuola anglosassone si concentrò sui problemi più pratici della microeconomia, i problemi empirici della singola impresa, delle famiglie, dei mercati. Anche se forse meno attraente da un punto di vista teorico, tale indirizzo si mostrò alla prova dei fatti più utile. Ne è un esempio saliente Marshall, il quale, pure essendo un matematico di formazione, proprio come Wicksell fu sempre parco nell'uso esplicito della matematica. Scopo della sua analisi acuta e realistica delle singole parti del sistema

economico era quello di ottenere una teoria del tutto, trattato come somma delle singole componenti. Il fallimento palese di tale approccio venne con la grande depressione, e fu allora corretto dal grande allievo di Marshall, Keynes (anche lui matematico di formazione), il quale riportò al centro dell'attenzione l'analisi dell'intera economia per mezzo degli aggregati macroeconomici. La mia opinione personale è che la difficile strada che dovremo percorrere in futuro è quella della soluzione simultanea di un gran numero di equazioni dinamiche, così da mostrare il comportamento del tutto, senza tuttavia rinunciare a dar conto delle diversità di comportamento delle singole parti del sistema.

Nel 1931 si formò la International Econometric Society, in gran parte sotto l'impulso di Frisch, Tinbergen e Schumpeter. I primi due avevano una formazione matematica, mentre Schumpeter ne mancava e non la acquisì mai; egli, tuttavia, aveva scritto, già nel 1905, un articolo nel quale sosteneva la necessità dell'uso della matematica nell'analisi economica. I tre progettarono un "nuovo mondo" fondato su una trinità: la teoria economica, che doveva formulare concetti e problemi; la matematica, che doveva fornire il rigore logico e il punto di vista quantitativo che conducono con sicurezza dalle ipotesi alle conclusioni; infine la statistica, dalla quale si attendeva il sostrato empirico che permette di scegliere ipotesi in grado di dare risultati applicabili. Per Schumpeter questo era una specie di credo che tutti gli economisti seri dovevano fare proprio, ed io, che ero uno dei suoi allievi, ero perfettamente d'accordo. Il mio primo lavoro fu uno studio teorico e statistico dell'offerta di moneta e del suo controllo nel Regno Unito nel periodo 1918-38. In seguito ho abbandonato la pratica, anche se non la fede, dell'econometria, e cercherò tra breve di spiegarne i motivi.

È probabilmente corretto dire che, nella loro metodologia, gli economisti matematici hanno subito più del dovuto l'influenza della meccanica classica; ciò non sorprende, se si pensa alla forza, alla bellezza, e al successo senza paragoni ottenuti dall'applicazione dei suoi metodi. Ma nel tentativo di applicare la matematica, gli economisti non hanno avuto risultati comparabili a quelli ottenuti nel campo delle scienze naturali, certo a causa delle difficoltà inerenti al loro campo di indagine.

Ho sempre sofferto di inabilità a capire e sfruttare la matematica pura. Il mio sforzo iniziale andò male, anche se fu condotto sotto la guida dell'eminente matematico Marston Morse. Certo come forma di autogiustificazione, ho sempre ritenuto che la matematica applicata sia

più appropriata all'economia. E per esercitarmi meglio in quest'arte sfruttai l'opportunità di insegnare fisica durante la guerra, sebbene fossi completamente digiuno della materia.

Quali sono alcune differenze tra i problemi dell'economia e quelli della fisica? Non solo non è possibile fare esperimenti, ma anche i singoli avvenimenti o elementi non sono indipendenti dagli altri. In chimica si può osservare un gas senza tener conto della fase della luna o del clima fuori del laboratorio. Peggio ancora, ogni persona, ogni impresa, ogni mercato è diverso da tutti gli altri, mentre tutti gli atomi di idrogeno sono uguali. Questo ci obbliga a considerare tutti gli elementi micro e tutte le loro interazioni come un solo problema: nessun lavoro di osservazione e di analisi delle singole parti, per quanto vasto e particolareggiato, riuscirà mai da solo a spiegare il comportamento di tutto il sistema. Da questo punto di vista, in economia, non vi sono problemi molto diversi l'uno dall'altro: vi è solamente un *unico* problema — e quest'unico problema è di una complessità tale da essere quasi insolubile. Un'altra e non meno grave fonte di complicazioni è legata al fatto che, nella maggior parte dei casi, gli eventi economici sono sostanzialmente unici, il che implica che solo in casi attentamente delimitati si può ricorrere ad un'analisi in termini probabilistici. È di scarsa utilità al singolo produttore sapere che, per esempio, un terzo di tutte le nuove imprese ha successo, quando quello che ha a disposizione sono forse solo una o due "chances". Quando chiesero a Norbert Wiener perché si rifiutava di applicare le sue teorie sul controllo stocastico ai problemi economici e sociali, egli rispose che le serie statistiche non erano lunghe abbastanza. Questo è il motivo per cui, nonostante tutte le sue manchevolezze, la teoria dei giochi è più pertinente all'analisi economica. Vi è poi il problema della dinamica: anche per comprendere la struttura di un sistema, occorre vederlo in movimento. Sfortunatamente la gran parte della teoria economica si è sviluppata come una teoria statica avente lo scopo — perseguito con qualche successo — di illustrare la natura della 'bestia', più che di mostrare come si evolve e cambia.

Per questi e altri aspetti, l'economia sembra più vicina alla biologia che alla fisica, il che probabilmente significa che dovrà ricorrere ad alcune tecniche relativamente diverse che stanno emergendo, per esempio alla teoria delle biforcazioni o alla teoria delle catastrofi (che sono anche usate nella chimica e nella fisica, per esempio nella teoria dei laser). Anche il concetto di "sistemi auto-ordinantisi" (self-ordering systems) introdotto dal fisico tedesco Haken può fornire un approccio

applicabile alle società umane. Gli uomini non sono greggi di pecore sotto gli occhi di un pastore; sono membri del gregge, anch'essi lo osservano e, ovviamente, lo influenzano e ne sono influenzati.

* * *

Vengo ora al più difficile aspetto dell'economia: la morfogenesi come la concepiva Schumpeter. Questi riteneva che non si potesse accettare la formulazione dell'economia in termini statici con la semplice aggiunta di qualche elemento di mutamento. Pensava invece che il capitalismo dovesse essere visto come un sistema in uno stato di turbolenza più o meno continuo, che coinvolge non semplicemente il suo movimento ma anche la sue relazioni strutturali essenziali. Questa concezione gli derivava da Marx, il cui scopo esplicito era quello di svelare la 'legge di movimento' della società. Nel suo fondamentale libro, la *Teoria dello sviluppo economico*, Schumpeter sviluppò la sua concezione dell'innovazione, che implicava un'evoluzione della morfologia del sistema economico, evoluzione che procede non in maniera uniforme ma in esplosioni che determinano un movimento a ondate. Tale concezione dell'economia pone un problema di difficile soluzione. Come si può analizzare un sistema che muta ripetutamente sia la struttura dei suoi parametri sia le sue variabili? Si capisce perché, nonostante l'enorme aumento delle statistiche economiche, non abbiamo ancora costanti di cui fidarci e abbiamo pochi modelli econometrici, forse nessuno, in grado di durare. La concettualizzazione di tipo marxiano era un distacco radicale dall'ortodossia, che aveva cercato sempre di fissare le caratteristiche di *tutti* i sistemi economici, piuttosto che l'evoluzione di nuovi sistemi dall'alveo dei vecchi.

Prima dello scoppio della guerra, tornai a Harvard da Oxford, pieno di entusiasmo per la teoria matematica del ciclo economico sviluppata in quegli anni da Frisch, Kalecki e Tinbergen. Parlai della sua importanza con Schumpeter, e questi promise che avrebbe partecipato a un mio eventuale corso di lezioni sull'argomento. Tenni il corso, ma Schumpeter, che era intervenuto insieme con Haberler, non fece mai alcun uso del nuovo approccio. In realtà egli dissentiva dal tipo di analisi che usavo, e, in retrospettiva, ritengo che avesse ragione. I modelli che usavo erano basati su semplici equazioni differenziali o alle differenze finite di tipo lineare. Tali modelli descrivono il comportamento dinamico di una struttura data e costante, mentre quello che interessava a Schumpeter erano gli effetti dinamici sulla struttura stessa

esercitati da un mutamento importante. La sua teoria concepiva un *boom* seguito da una caduta, ma ad un livello di produttività *più alto* del precedente, in una struttura industriale mutata. Il suo era veramente un modello di *crescita con fluttuazioni*, mentre il movimento armonico semplice è indipendente dalla crescita.

Cercai di convincere Schumpeter ad aggiungere al suo modello aspetti che provenivano dalla *Teoria Generale* di Keynes, ma egli fu esplicito e deciso nel respingere i miei suggerimenti. A quell'epoca rimasi sconcertato, ma in seguito mi sono convinto che Schumpeter aveva due motivi principali per reagire in quel modo, uno buono e l'altro meno. Come tutti gli economisti del suo tempo, egli tendeva a ragionare sulla base dell'ipotesi di piena occupazione, il che si giustificava con il fatto che solo così si potevano spiegare i prezzi relativi. Con tale ipotesi l'inizio di nuovi metodi di produzione richiedeva un'iniezione di moneta fresca da parte delle banche, con conseguente lievitazione dei prezzi. Quando poi l'accresciuta produzione arrivava sul mercato, i prezzi scendevano e il reddito reale cresceva. Questa teoria è fondamentalmente falsa, perché per la maggior parte del tempo c'è disoccupazione, e l'investimento in gran parte si auto-finanzia con l'aumento della produzione e dei redditi. Ma dove Keynes e i keynesiani come me sbagliavano era nel considerare *solamente* il controllo esercitato dalla domanda effettiva sul livello di produzione, il che è corretto ma non è tutta la verità. Schumpeter aveva ragione nel sostenere che è essenziale in tale processo la riduzione degli *inputs* per unità di prodotto, in particolare la riduzione del contenuto di lavoro del prodotto. Il risultato complesso di questa interazione è che il sistema economico emerge dalla fase d'espansione con un livello *potenziale* di produzione più elevato, ma non necessariamente *realizzato*; perciò, è mia opinione che entrambi, Keynes e Schumpeter, avessero allo stesso tempo ragione e torto, e che entrambi abbiano dato grandi contributi al lavoro di comprensione della realtà economica. Eppure proprio qui è la trappola: non si possono usare nella predizione del comportamento futuro parametri stimati sulla base delle statistiche relative a quello che è avvenuto nel passato. Né, come fanno i keynesiani, si possono usare statistiche globali acriticamente, poiché il mutamento essenziale ha luogo nella struttura della produzione e nelle proporzioni relative alle diverse produzioni. L'organismo che si sta studiando è cambiato, e occorrono nuovi parametri per seguirne il comportamento.

La tendenza predominante dell'economia matematica contemporanea è verso la formalizzazione e generalizzazione della teoria dell'equili-

brio economico generale, con sforzi sporadici di incorporare certi fenomeni di disequilibrio. Una tale teoria non mi attrae, e non sono molto competente a discuterne. Cercherò invece di indicare come cerco di affrontare le sconcertanti difficoltà cui alludevo. All'inizio della mia carriera mi ero volto alla teoria del ciclo economico come conseguenza del mio interesse per la dinamica. Presi ispirazione da Harrod, un altro dei miei maestri. Egli aveva scritto un piccolo libro sul ciclo economico nel quale cercava di estendere la *Teoria Generale* di Keynes mostrando come il capitale fosse intrinsecamente instabile verso l'alto, ma come restasse "in panne" ("biforcasse") in corrispondenza della piena occupazione. Proprio come Schumpeter, egli era digiuno di matematica, ma, in risposta a un'acuta critica di Tinbergen, aveva sviluppato il suo approccio fino a trasformarlo in una teoria che dava le condizioni per una crescita regolare e dimostrava che tali condizioni non potevano realizzarsi. Alcuni anni dopo, ebbi la fortuna di avere come collega il matematico francese Philippe LeCorbeiller, che si era specializzato nella teoria delle oscillazioni. Appresi da lui che le equazioni differenziali lineari non possono essere usate per spiegare i fenomeni soggetti a oscillazioni, e da lui fui introdotto ad una vasta gamma di oscillatori, tra cui quello di Van der Pol. Il problema, come mi si presentava allora, era che le teorie del ciclo in circolazione si basavano sull'ipotesi che vi sarebbe ciclo anche in assenza di crescita, e, analogamente, che vi potrebbe essere crescita senza ciclo. Già avanti la prima guerra mondiale Schumpeter aveva acutamente affermato che il progresso tecnico non si manifesta, né può manifestarsi in maniera uniforme; arriva invece nella forma di esplosioni, e costituisce perciò un generatore di cicli. Lo sforzo infruttuoso che io feci era volto a convincerlo che la spiegazione completa del ciclo stava nel condizionamento reciproco di progresso tecnico e domanda effettiva. Dopo un lungo periodo di confusione e di formulazioni insoddisfacenti, vidi improvvisamente che la formalizzazione adatta era quella del modello biologico di Volterra, un modello dinamico non lineare della popolazione ittica dell'Adriatico. Anche se la teoria di Volterra non contemplava la crescita, ma solo il ciclo, mi fu possibile svilupparla nella direzione che volevo della crescita con fluttuazioni. Il nucleo centrale del mio modello era la relazione simbiotica della lotta fra lavoratori e datori di lavoro per la distribuzione del reddito. I professori Balducci, Candela e Ricci hanno riformulato tale modello in termini di teoria dei giochi.

Anche una teoria di questo tipo, che pure incorpora il fatto che non vi possono essere né ciclo né crescita indipendentemente l'uno dall'al-

tra, è, sotto certi punti di vista, insoddisfacente. Il problema economico è così complesso che è improbabile che una sola teoria possa mai bastare. Continuo quindi a cercare una teoria che dia meno peso alla distribuzione del reddito, e maggiore importanza al livello di produzione e di domanda. La mia direzione di ricerca è più o meno la seguente. Secondo la formulazione di Harrod, una volta eccitato, il sistema è dinamicamente instabile; perciò raggiunge, presto o tardi, il livello di piena utilizzazione delle risorse non riproducibili (principalmente il lavoro). È questa una posizione di "biforcazione", perché rompe le condizioni necessarie alla continuazione della crescita al precedente, troppo alto tasso. L'investimento viene ridotto, il sistema diviene stabile e decelera. Il movimento del sistema è affetto da isteresi, poiché la sua discesa non è simmetrica all'espansione e non riporta al livello iniziale. Al contrario, il movimento si inverte a un livello più elevato, la crescita riprende e di nuovo è instabile. Tinbergen aveva affermato correttamente che il modello moltiplicatore-acceleratore, essendo costituito da un'equazione dinamica lineare del primo ordine, può generare solo un sentiero di crescita esponenziale.¹ Tuttavia, nascosta sotto una formalizzazione del tutto inadeguata Harrod aveva avuto un'intuizione veramente profonda: l'economia ha un andamento esplosivo per cause endogene, ma è vincolata dal tetto della piena occupazione che è esogeno. Per un decennio mi scervellai su questo problema, fino a che LeCorbeiller mi dimostrò che Harrod aveva ragione, una volta espresso il problema mediante equazioni dinamiche non lineari.

Per incorporare la concezione di Schumpeter si può procedere in questo modo: le innovazioni tecnologiche richiedono dapprima investimenti, e solo in seguito divengono disponibili livelli più elevati di produttività e di produzione; perciò, attraverso i suoi effetti sulla domanda e sulla produzione, un'innovazione importante conduce l'economia fino al livello di piena occupazione, il che, a sua volta, determina una contrazione, azzerando gli investimenti e inibendo in modo temporaneo lo sfruttamento della nuova tecnica. L'economia ricade ad un livello di attività inferiore a quello del culmine, ma più elevato del precedente livello minimo. Qui rimane fin quando non riprende l'espansione del processo innovativo interrotto o fin quando non viene

¹ È curioso notare che questa stessa critica era stata mossa da Frisch a Hansen. Questi, come Harrod, era digiuno di matematica e chiese aiuto a Samuelson che introducendo un altro ritardo salvò la teoria. Ma la teoria rimaneva lineare: perciò in questo modello il ciclo o scompare o urta contro il tetto harrodiano rappresentato dalla piena occupazione.

introdotta una nuova innovazione. In tal modo si inserisce la storia nel modello, pur mantenendo a questo un certo rigore logico. Così procedendo, si possono spiegare le cosiddette onde lunghe. Reagendo con una sola pulsazione a uno *shock* sufficientemente importante, il sistema può forse meglio chiamarsi un "pulsatore", anziché un oscillatore.

L'ultimo problema da affrontare riguarda la diversità delle singole componenti dell'economia. Il modello deve essere di tipo multisettoriale, non una rozza aggregazione di parti disperate. Poiché a questo fine il numero di equazioni dinamiche deve essere molto alto, non sembra esservi altra soluzione se non ricorrere ad una teoria lineare. Perciò, opto per una matrice di coefficienti *input-output* costanti come meccanismo per trasmettere i segnali della domanda ai vari settori. Questo assunto non si accorda molto bene con l'idea di morfogenesi: la sua sola giustificazione risiede nel fatto che, in ciascun momento, la struttura produttiva è completamente determinata, e i mutamenti richiedono molto tempo. Se l'insieme dei parametri è, almeno in linea di principio, derivabile empiricamente, il sistema può essere posto in forma diagonale, con n autovalori distinti cui corrispondono $2n$ autovettori. Il grande vantaggio di tale procedura risiede nel fatto che essa permette di tenere separati il fenomeno dell'interdipendenza tra settori e l'analisi del loro comportamento dinamico. Possiamo così analizzare un numero elevato di problemi dinamici relativamente semplici, per tornare poi, in un secondo momento, alle variabili reali con la loro caratteristica interdipendenza. In tal modo si può ammettere che in economia non esistano molti problemi separati ma piuttosto un unico problema, e, nello stesso tempo, si può conservare la nozione della grande diversità dei comportamenti delle varie componenti. Invertendo la matrice, si può distribuire la domanda proveniente dall'investimento in proporzioni molto diverse tra i vari settori. Così gli investimenti in nuove tecnologie, che precedono e determinano i mutamenti nella tecnologia esistente, si trasmettono in conformità con la data struttura pre-esistente. Poi, a mano a mano che la nuova tecnologia diventa operativa, i suoi effetti sono trasmessi lentamente, in modo complicato, dal meccanismo dei prezzi agli altri settori. Vi è una difficoltà in questo processo: quando il mutamento morfologico si è compiuto, la diagonalizzazione di partenza non è più valida, e occorre calcolare una nuova matrice di trasformazione. La formulazione pionieristica di von Neumann, anche se considerava la possibilità della scelta della tecnica ottimale tra tutte quelle note, era fatalmente viziata dall'ipotesi di una crescita perpetua a tecnologia

costante, quella ottimale scelta. Ciò distrugge la distinzione, tra il passato noto e l'ignoto futuro, proprio come accade nella meccanica classica, nella quale il tempo può scorrere all'indietro o in avanti senza problemi né distinzioni. Norbert Wiener ridefinì tale problema per un'intera classe di contesti teorici, e la storia umana chiaramente cade in questa classe. "Anche in un sistema newtoniano, ove il tempo è perfettamente reversibile, i problemi di probabilità e previsione conducono a risultati asimmetrici fra passato e futuro, poiché asimmetriche sono le domande di cui tali risultati costituiscono le risposte.² Che questo fatto complichino la nostra analisi e renda molto problematiche le soluzioni, non è una buona scusa per ignorarlo. Einstein ebbe a dire una volta che occorre rendere le nostre teorie quanto più semplici possibile, ma non più di tanto.

Molti economisti hanno maturato una crescente ostilità verso l'inondazione di formalismo matematico degli ultimi anni. Probabilmente, il più aperto e insistente critico è stato Leontief, che parla con una certa autorità, poiché ha usato lo strumento matematico con competenza e abilità. Eppure, non posso comprendere una ostilità così decisa, specie se penso che una volta l'ho sentito dichiarare che la matematica è l'unica e migliore garanzia di infallibilità logica. Per quanto deludenti possano essere i risultati fin qui ottenuti dalla giovane disciplina dell'econometria, non riesco ad ammettere che un serio ricercatore possa avere dubbi sull'opportunità di combinare una teoria ben formulata con statistiche adeguate, analizzate con l'ausilio di una rigorosa e ingegnosa matematica. Non possiamo certo ritirarci nella torre di avorio della teoria 'pura' o adagiarci sul soffice cuscino dei fatti come fini a se stessi, cioè nell'empirismo 'volgare'. È mia convinzione che vi sia bisogno di accrescere non di ridurre i contributi, gli apporti affidabili, utili di tutti e tre i rami della nostra difficile disciplina.

RICHARD M. GOODWIN

² N. WIENER, *La cibernetica. Controllo e comunicazione nell'animale e nella macchina*, tr. it., Il Saggiatore, Milano, 1968, p. 59.