



Munich Personal RePEc Archive

Complexity and methods of decomposition in the theories of structural economic dynamics

Schilirò, Daniele

CRANEC Università Cattolica di Milano, DESMaS "V.Pareto"
Università degli Studi di Messina

October 2004

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/35596/>
MPRA Paper No. 35596, posted 28 Dec 2011 08:03 UTC



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MESSINA

DANIELE SCHILIRO'*

**Complessità e metodi di decomposizione
nelle teorie della dinamica economica strutturale.**

Ottobre 2004

*Università di Messina; CRANEC, Università Cattolica S.C. di Milano

Abstract

Herbert Simon (1962) has treated the notion of complexity arguing that hierarchy is clearly an essential feature of complex systems. Yet, Simon states that the systems are not organized in a hierarchy in a simple way, because if they were, would be fully decomposed, while they are "nearly decomposable", implicitly stressing that complex systems are decomposable and indecomposable at the same time, given the non-linear relationships that exist between their elements. This contribution deals with the complexity and decomposition methods in theoretical models of production that analyze the change in economic structure over time. The paper will refer mainly to analytical schemes of input-output by Wassily Leontief, as regards the circular approach, and the analytical schemes of vertical integration of Luigi Pasinetti, as regards the vertical approach, in order to analyze the decomposition methods used in their schemes to study the changes of the structure over time, highlighting the analytical properties, the methodological characteristics, but also the limits.

Parole Chiave: dinamica economica strutturale, complessità, metodi di decomposizione, modelli multisettoriali

Keywords: structural economic dynamics, complexity, methods of decomposition, multi-sectoral models

Jel Classification: B41, D57, O41

Introduzione

La complessità è per sua natura un concetto difficile da definire. Un'analisi attenta delle definizioni formulate e riguardanti il concetto di complessità rivela che tale concetto dipende dal linguaggio utilizzato per formalizzare in termini di modello il sistema (economico o di altra natura) in esame. L'instabilità del termine complessità fa sì che si parli di "teoria" della complessità in molteplici domini anche disgiunti, anche se una teoria della complessità in senso stretto in effetti non esiste. Il dominio che sembra avere più di ogni altro il potenziale di condurre a una teoria unificante è lo studio dei sistemi dinamici non lineari.

Un modo per affrontare il tema della complessità è fare riferimento a quell'accezione del concetto di complessità secondo cui, per avere un sistema complesso, è necessario avere due o più componenti, che sono unite in modo tale che è difficile separarle. Le parti del sistema appaiono così allo stesso tempo distinte e connesse; gli aspetti di *distinzione* e di *connessione* determinano quindi due dimensioni che caratterizzano la complessità. In particolare, la *distinzione* corrisponde alla nozione di varietà, eterogeneità, al fatto che parti differenti del complesso sistema si comportano in modo differente. La *connessione*, a sua volta, corrisponde alla nozione di vincolo, dell'esistenza di un legame, al fatto cioè che differenti parti non sono indipendenti, ma che la conoscenza di una parte (del sistema) consente la determinazione delle caratteristiche delle altre parti.

Un altro aspetto rilevante della complessità è che i sistemi complessi hanno una *struttura* e che tale struttura diventa una precondizione necessaria per la complessità. Gli elementi di questi sistemi complessi inoltre non sono affatto omogenei, per cui è facile e rischioso affrontare il problema della complessità dei sistemi (economici o di altra natura) cedendo a una forma banale di riduzionismo.

Herbert Simon (1962) ha argomentato in modo chiaro ed inequivocabile che esistono inevitabili gerarchie nei sistemi complessi; è molto più efficiente, in un'ottica evolutiva, che i sistemi complessi siano formati da sub-sistemi che siano organizzati in maniera gerarchica. Di conseguenza, secondo Simon, la gerarchia è una caratteristica essenziale dei sistemi complessi. Naturalmente, egli è consapevole che i sistemi non sono organizzati in maniera gerarchica in

modo semplice, perché se lo fossero, sarebbero pienamente decomponibili, mentre in realtà non lo sono. Tuttavia Simon sostiene che essi sono “nearly decomposable”, accentuando implicitamente che i sistemi complessi sono decomponibili e indecomponibili allo stesso tempo, date le relazioni di tipo non lineare che esistono fra i loro elementi.

Il tema della complessità e i problemi individuati da Simon vengono affrontati dall'analisi economica quando essa tratta il mutamento strutturale e la dinamica economica strutturale. Infatti una delle caratteristiche analitiche più interessanti dei differenti approcci teorici della dinamica economica strutturale è quella della decomposizione dello stesso sistema economico in sottounità quali i processi produttivi, le industrie, i settori verticalmente integrati al fine di ridurre il grado di complessità del sistema e, al tempo stesso, di fornire una rappresentazione disaggregata in termini dinamici del mutamento strutturale. Risulta quindi di fondamentale importanza la distinzione fra i differenti metodi di decomposizione di un sistema economico, i quali dipendono a loro volta dalle tipologie dei ‘network’, ovvero dall'insieme dei componenti, che esprime le connessioni fra le variabili del sistema.

Tali metodi di decomposizione sono riscontrabili negli approcci circolari e verticali alla dinamica economica strutturale. Vi sono diversi studiosi che hanno utilizzato uno dei due o entrambi gli approcci (circolare o verticale). Piero Sraffa, Wassily Leontief, Alberto Quadrio Curzio, ad esempio, utilizzano schemi circolari; mentre Leon Walras, John Hicks, Luigi Pasinetti fanno riferimento a strutture produttive verticalmente integrate. Franz Burchardt e Adolph Löwe utilizzano invece sia l'approccio orizzontale sia l'approccio verticale nei loro schemi di riproduzione (Schilirò, 2003).

Questo contributo farà riferimento soprattutto agli schemi analitici delle interdipendenze industriali di Wassily Leontief, per quanto riguarda l'approccio circolare, e agli schemi analitici di integrazione verticale di Luigi Pasinetti, per quanto riguarda l'approccio verticale, al fine di analizzare i metodi di decomposizione utilizzati nei loro schemi per affrontare la questione della complessità nei sistemi economici di produzione di cui si vuole studiare il cambiamento della struttura nel tempo, evidenziandone le proprietà analitiche, le caratteristiche metodologiche, ma anche i limiti.

1. Il sistema *input-output* di Leontief: interdipendenze, complessità e decomposizione per industrie.

Nel caso del sistema analitico *input-output* di Leontief si è in presenza di un sistema di produzione basato interdipendenze di tipo orizzontale. E' quindi uno schema di tipo circolare in quanto si ha una rappresentazione della struttura di produzione basata sulla descrizione circolare dei flussi di merci da un processo di produzione a un altro, da un'industria a un'altra.

Una delle caratteristiche fondamentali dell'approccio di Leontief è la disaggregazione del sistema produttivo in industrie fra loro separate ma orizzontalmente interdipendenti, dove l'analisi delle relazioni fra variabili viene svolta attraverso l'osservazione empirica diretta. Leontief infatti rifiuta di seguire l'approccio aggregato, basato sull'inferenza statistica e svolto ‘dall'alto’, di gran parte della teoria economica, soprattutto di matrice neoclassica, in quanto tale approccio ha, secondo Leontief (1971), scarso valore operativo e dimostra poca attendibilità.

La disaggregazione e quindi la decomposizione del sistema produttivo in un numero limitato di sottounità quali le ‘industrie’ o settori, che identificano a loro volta i processi produttivi, seguito da Leontief, consente di svolgere in modo più appropriato l'analisi del mutamento strutturale, in quanto il cambiamento tecnico viene osservato per ogni singola industria come una

modificazione di uno o più coefficienti tecnici e dove si tiene conto, in maniera esplicita, della relativa persistenza di certe relazioni e/o di alcuni elementi.¹

Questa caratteristica di spostare l'attenzione dal *continuum* delle attività eterogenee e concentrarsi su un numero relativamente piccolo di settori è tipica dell'analisi economica del mutamento strutturale. In tal modo si ha una varietà finita di caratteristiche e di attività da analizzare in un dato sistema economico invece di una infinita molteplicità di esse².

Prendiamo quindi in considerazione lo schema di analisi che Leontief definisce il “modello aperto rispetto alla domanda finale”. In questo modello abbiamo una matrice **A** di coefficienti interindustriali che è una matrice quadrata non negativa di ordine (n-1), e un vettore riga **I'** dei coefficienti di lavoro diretti di ordine (n-1). Tale matrice **A** e il vettore **I'** insieme rappresentano la ‘tecnica del sistema’. Vi è inoltre il vettore colonna della domanda finale **y*** i cui termini sono noti o determinati seguendo altri criteri. Possiamo scrivere questo “modello aperto con domanda finale” in forma compatta nel seguente modo

$$(1) \quad (\mathbf{I} - \mathbf{A}) \mathbf{x} = \mathbf{y}^*$$

dove **I** è la matrice identità di ordine (n-1) e **x** il vettore colonna delle (n-1) quantità fisiche delle merci da produrre.

La matrice quadrata **(I - A)** di ordine (n-1) ha come colonne gli (n-1) processi produttivi che sono dati dalla tecnica.

Per le proprietà sul rango delle matrici, il sistema (1) è un sistema determinato ed ha una e una sola soluzione. Dato che la matrice **(I - A)** è una matrice non singolare, essa ha un'inversa. Se moltiplichiamo entrambi i membri del sistema (1) per la matrice inversa di **(I - A)** otteniamo

$$(2) \quad \mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{y}^*$$

che rappresenta la soluzione del sistema³.

Per dare significato economico alla (2) si devono individuare quei valori di **x** che non sono negativi⁴.

Per rendere completo tale sistema bisogna inserire l'equazione dei requisiti totali di lavoro:

$$(3) \quad \mathbf{L} = \mathbf{I}' \mathbf{x} = \mathbf{I}' (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{y}^*$$

E' importante capire il significato economico di ciascuno elemento della matrice **(I - A)**⁻¹.

Mentre nella matrice **A** ciascun coefficiente a_{ij} rappresenta la quantità fisica della matrice i -esima richiesta nell'industria j -esima per la produzione di 1 unità fisica di merce j -esima, e quindi tali coefficienti stanno a rappresentare i requisiti diretti di merci per la produzione di merci; nella matrice **(I - A)**⁻¹ ciascun coefficiente rappresenta la quantità fisica di merce i -esima che bisogna

¹ Leontief (1987, p. 863)

² Hagemann, Landesmann, Scazzieri (2003)

³ E' possibile formulare un analogo sistema di equazioni duale al sistema (1) con (n-1) prezzi come incognite, con la stessa matrice.

(I - A) e con un vettore di (n-1) valori aggiunti che si ipotizzano come noti.

⁴ Se tutti gli elementi di **(I - A)**⁻¹ risultassero non negativi la non negatività di **x** sarebbe stabilita per tutti i valori possibili di **y*** non negativi. Per stabilire che tutti gli elementi della matrice **(I - A)**⁻¹ e quindi tutte le componenti di **x** sono non negativi si applicano i teoremi di Perron-Frobenius sull'auto-valore massimo di **A**.

produrre nell'intero sistema economico per ottenere 1 unità fisica di merce j -esima che sia disponibile come merce finale. Questi coefficienti relativi alla matrice $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ stanno a rappresentare i requisiti totali (ovvero i requisiti diretti e indiretti) per la produzione di merci per usi finali, cioè per consumi e investimenti.

Se è vero che il limite principale del modello di Leontief sta nell'ipotesi che i coefficienti tecnici sono costanti o fissi, un'ipotesi che trascura sia i rendimenti di scala che il progresso tecnico, è pur vero che Leontief intende concentrare la sua analisi sulla rappresentazione dell'economia reale consapevole che il suo approccio *input-output* di tipo statico è condizionato dall' "invarianza relativa" delle sue caratteristiche strutturali. Nel suo schema analitico l'elemento strategico che fissa nel tempo la struttura è la tecnologia, mentre non vengono prese in considerazione le istituzioni o il comportamento delle imprese o dei consumatori. Inoltre lo schema *input-output* di Leontief considera soltanto flussi di beni e servizi e non considera invece gli stock di beni capitali precedentemente accumulati, confinando così l'analisi al breve periodo.

L'esplicita inclusione degli stock nello schema *input-output*, che Leontief svolge negli *Studies*⁵ consente l'analisi empirica del processo di investimento e conduce, in tal modo, ad una vera e propria analisi dinamica, dove l'espedito di ipotizzare che una proporzione costante del flusso di fattori produttivi assorbita da una data industria sia allocata in investimenti, come si è in effetti ipotizzato nel modello aperto sopra esposto, non è più necessario, in quanto adesso è possibile analizzare anche un'economia che non cresce in modo uniforme.

Con l'introduzione delle relazioni stock-flusso il sistema economico acquisisce un carattere dinamico. Tuttavia le proprietà dinamiche del sistema economico, derivate dalle relazioni stock-flusso, tengono conto soltanto di un aspetto del mutamento economico, quello che può essere spiegato in termini di costanti strutturali invarianti (Leontief, 1953, p.12). Non si tiene invece conto del cambiamento nei gusti dei consumatori rime dei cambiamenti nella struttura dei processi produttivi, che costituiscono le relazioni strutturali fondamentali e le cui variazioni nel tempo individuano, secondo Leontief, le cause principali dello sviluppo.

Inoltre, la distinzione tra variazioni strutturali da un lato e dinamica dall'altro dipende da come vengono determinati e distinti i dati dalle variabili del modello. Ad esempio, i gusti dei consumatori, che nel sistema preso in considerazione sono dei dati, potrebbero apparire, in un schema analitico più generale, come incognite in termini di qualche altra fondamentale relazione.

L'analisi del mutamento strutturale condotta da Leontief considera i due aspetti della struttura e del cambiamento. In questa sua analisi, la nozione di "relativa invarianza strutturale", che implicitamente si evince dall'analisi dei processi di cambiamento riferiti alla tecnologia, diviene una caratteristica distintiva dell'analisi del mutamento strutturale. Il prendere in considerazione "il sistema aperto" con il vettore della domanda finale, a sua volta determinato esogenamente, ha lo scopo di separare gli aspetti più stabili da quelli meno stabili delle relazioni interindustriali, dove i coefficienti dei fattori produttivi inclusi nella matrice strutturale descrivono i primi, mentre le determinanti del vettore dei beni finali descrivono i secondi. Quindi nel caso di mutamento strutturale la variazione delle variabili dipendenti viene messa in relazione con i cambiamenti in alcuni dei dati fondamentali.

Nell'analisi del mutamento strutturale di un sistema dinamico, ovvero nella dinamica strutturale invece la "legge empirica del cambiamento", a cui Leontief fa riferimento per spiegare il cambiamento delle variabili nel tempo, non è più fissa e, quindi, non rappresenta più una

⁵ Leontief (1953).

caratteristica strutturale invariante del sistema, ma essa stessa cambia nel tempo e ciò rende l'analisi molto più complessa⁶.

Una considerazione fondamentale in merito agli schemi di Leontief riguarda il problema della complessità. Infatti, una delle questioni centrali nella sua analisi riguarda l'enorme complessità del sistema produttivo che si intende esaminare ed il fatto che tale sistema si viene a trovare nella realtà in uno stato di continuo cambiamento (Leontief, 1971). Per affrontare la complessità delle interazioni fra unità economiche del sistema produttivo e cogliere non solo l'andamento continuo dei flussi dei fattori produttivi e delle produzioni, ma anche le variazioni nelle relazioni strutturali fondamentali e, quindi, nei parametri di queste relazioni è necessario, secondo Leontief, da un lato allargare e approfondire la conoscenza empirica diretta dei dati e dei parametri misurabili, dall'altro è di cruciale importanza una partizione delle insieme delle attività produttive in un numero finito di settori industriali. Ecco allora che la "decomposizione" del sistema produttivo in un numero finito di industrie separate ma interdipendenti costituisce un primo passo per ridurre la complessità e risulta essere un prerequisito per l'analisi delle proprietà dinamiche. Tale requisito, infatti, tiene conto in maniera esplicita della "persistenza relativa" di certi elementi o di certe relazioni, e questa "persistenza relativa" emerge in tutta la sua evidenza quando il tempo viene considerato come una variabile discreta.

L'identificazione delle relazioni strutturali invarianti è un altro passo per semplificare l'analisi (Leontief, 1971, p.4). Tale identificazione dipende essenzialmente dal grado di approfondimento dell'indagine empirica che si vuole svolgere e dal contesto del problema che si intende affrontare, in quanto tutto ciò determina la specificazione strutturale del modello. Il numero limitato di industrie separate ma orizzontalmente interdipendenti, che si traduce in una varietà finita di attività, implica l'ipotesi di limitata eterogeneità⁷. Ipotesi che svolge un ruolo strategico nell'analisi del mutamento strutturale, in quanto consente una descrizione selettiva del sistema produttivo, limitando così il grado di complessità delle interazioni. Infatti l'eterogeneità che si considera possibile all'interno di una specificazione strutturale scelta è più piccola dell'eterogeneità che potrebbe essere osservata in pratica. Questa ipotesi conduce al tempo stesso ad una rappresentazione strutturale del sistema, attraverso cui è anche possibile identificare le connessioni causali rilevanti. Inoltre, l'analisi del mutamento strutturale viene svolta da Leontief in un contesto di statica comparata, dove la nozione di "relativa invarianza strutturale" ne costituisce un elemento caratterizzante, in quanto consente di studiare il mutamento strutturale attraverso una descrizione temporalmente differenziata delle interrelazioni fra i differenti elementi del sistema economico. Vieppiù la citata nozione permette di ragionare non in termini di modificazione continua di tutte le relazioni strutturali e di tutte le variabili, perché ciò non consentirebbe di individuare, in un modello basato sulla circolarità, gli elementi che si modificano e quali fattori li influenzano, essa è quindi rilevante per la dinamica dei sistemi decomponibili.

2. La dinamica economica strutturale di Pasinetti: l'integrazione verticale quale metodo di decomposizione e riduzione del grado di complessità.

La complessità e i metodi di decomposizione del sistema di produzione caratterizzato da una rappresentazione multisetoriale costituiscono temi centrali nell'analisi della dinamica economica strutturale di Pasinetti. L'approccio seguito da Pasinetti si concentra sulla relazione fra risorse

⁶ Leontief affronta l'analisi di un modello dinamico aperto negli *Studies* (1953) e, successivamente, offre una soluzione al modello dinamico con "l'inversa dinamica" (Leontief, 1972), senza tuttavia essere pienamente soddisfatto di questa sua soluzione.

⁷ Hagemann, Landesmann, Scazzieri (2003, p.XII).

produttive e la loro allocazione; si tratta dell'approccio che fa riferimento all'integrazione verticale dei processi produttivi. In questo caso il sistema produttivo non appare più caratterizzato dalle sue relazioni in termini circolari, ma è il consumo di merci che diviene l'ultimo scopo del processo di produzione. Il livello di produzione in ciascun periodo di tempo dipende dal volume di risorse disponibili che non sono prodotte nel sistema economico. Si ha quindi un modello di "integrazione verticale" fra produzione e consumo, dove la produzione di merci dipende in termini di causalità unidirezionale dalla disponibilità delle risorse.

Pasinetti (1973) elabora una nozione di "settore verticalmente integrato" che è strumentale ai suoi modelli di dinamica economica strutturale basati sull'integrazione verticale. Il concetto di integrazione verticale è stato ampiamente usato in realtà, anche se in modo implicito e con obiettivi diversi, sia dagli economisti Classici sia dagli economisti marginalisti, fra cui Walras, ma anche da Keynes.

Pasinetti inizia la sua indagine teorica dagli schemi di analisi interindustriale di matrice leonteviana e si propone di giungere a delle nozioni sintetiche che ritiene essenziali per l'analisi dinamica. L'intera indagine viene condotta con riferimento al caso generale in cui le tutte le merci sono prodotte a mezzo di merci, ossia vengono usate come beni capitali. Nel suo modello, date le ipotesi sul capitale fisso, per produrre una unità fisica della merce j si richiedono: un flusso di quantità di lavoro, rappresentato dal coefficiente $j^{-\text{esimo}}$ del vettore $\mathbf{a}_{[n]}$, e un insieme di quantità fisiche di beni capitali eterogenei espressi dalla colonna $j^{-\text{esima}}$ della matrice \mathbf{A} . L'industria $j^{-\text{esima}}$ può essere espressa in modo sintetico da un "coefficiente di lavoro diretto" e da una "unità di capacità produttiva diretta". Il criterio di classificazione basato sulle industrie ha il vantaggio di essere osservabile in modo immediato e diretto⁸, tuttavia Pasinetti mette in evidenza l'esistenza di un altro criterio concettualmente più complesso, ma analiticamente più efficace, specie per l'analisi dinamica ed è il criterio basato sui "settori verticalmente integrati".

A tal proposito, dopo aver definito un vettore colonna del prodotto netto $\mathbf{y}_i(t)$, le cui componenti sono tutte zero ad eccezione della sua componente $i^{-\text{esima}}$ che viene chiamata $y_i(t)$, Pasinetti ricava dal suo modello di base classificato per "industrie" un nuovo sistema di equazioni per ogni dato prodotto netto $\mathbf{y}_i(t)$ e ottiene così una partizione del sistema economico in m "sub-sistemi"⁹. Si ha così una decomposizione del sistema produttivo che mette in evidenza la riproducibilità dei mezzi di produzione da un periodo di tempo ad un altro attraverso un processo circolare, e dove altresì tale decomposizione del sistema economico in m "sub-sistemi" consente di stabilire una relazione non ambigua fra una particolare quantità di lavoro e ciascun bene finale¹⁰. La decomposizione del sistema economico in "sub-sistemi" è uno strumento flessibile per l'analisi dei processi di trasformazione della struttura economica, in particolare la considerazione dei "sub-sistemi" è importante per l'analisi della crescita non uniforme (Pasinetti, 1981), in quanto rende possibile analizzare modelli differenziati di cambiamento di parti differenti di un dato sistema economico, evitando così "l'unificazione analitica" di tale sistema¹¹.

Partendo dalle espressioni analitiche che determinano i "sub-sistemi", Pasinetti definisce il coefficiente v_i che rappresenta la quantità di lavoro diretto e indiretto richiesto dall'intero sistema economico per ottenere una unità fisica della merce $i^{-\text{esima}}$ come bene finale. Tale coefficiente v_i rappresenta il "coefficiente di lavoro verticalmente integrato" per la merce $i^{-\text{esima}}$. In modo

⁸ Questo criterio è quello adottato anche da Leontief nei suoi modelli.

⁹ Così li ha definiti Sraffa, che guarda al sistema economico da un punto di vista interindustriale in *Produzione di merci a mezzo di merci* (1960, p.113), dove appunto definisce il sub-sistema come "un più piccolo sistema reintegrato [completo] il cui prodotto netto consiste di un solo tipo di merce".

¹⁰ Nella rappresentazione analitica dei sub-sistemi Pasinetti utilizza la matrice $(\mathbf{I}-\mathbf{A}^{(i)})^{-1}$ che corrisponde alla matrice inversa di Leontief.

¹¹ Scazzieri (1990,p.26) spiega che "l'unificazione analitica" del sistema economico è un espediente logico connesso alla riduzione dell'economia reale allo stato stazionario.

analogo definisce il vettore colonna \mathbf{h}_i che rappresenta le quantità fisiche eterogenee delle merci $1, 2, \dots, m$ direttamente ed indirettamente richieste nell'intero sistema economico al fine di ottenere una unità fisica della merce i^{esima} come bene finale. Tale particolare merce composta è "l'unità di capacità produttiva verticalmente integrata" per la merce i^{esima} . Lo scalare v_i e il vettore colonna \mathbf{h}_i insieme rappresentano il "settore verticalmente integrato" per la produzione della merce i^{esima} come bene finale sia per il consumo sia per l'investimento. Un "settore verticalmente integrato" rappresenta quindi in modo compatto un sub-sistema, in quanto sintetizza ogni sub-sistema in un unico coefficiente di lavoro v_i e in un'unica merce composta \mathbf{h}_i . Il "settore verticalmente integrato" costituisce inoltre una parziale rappresentazione del sistema economico, che viene adesso configurato dal punto di vista della domanda dei beni finali e non più nelle interconnessioni dei suoi processi produttivi. In un sistema economico con m merci avremo m "settori verticalmente integrati" per la produzione di queste m merci come beni finali.

L'operazione logica di integrazione verticale è, per Pasinetti, un espediente che consente di svolgere l'analisi strutturale attraverso una riclassificazione della struttura del sistema economico in unità logiche e che costituisce un passaggio necessario per poter effettuare l'analisi dinamica. Essa è inoltre particolarmente adatta ad identificare legami causali "unidirezionali" all'interno di una complessa rete di relazioni economiche.

Il vettore $\mathbf{a}_{[n]}$ e la matrice \mathbf{A} classificano quindi la quantità di lavoro e le quantità fisiche di beni capitali secondo il criterio dell' "industria" in cui vengono richiesti. Il vettore \mathbf{v} e la matrice \mathbf{H} riclassificano le stesse quantità fisiche secondo il criterio del "settore verticalmente integrato" per il quale esse vengono direttamente e indirettamente richieste.

Una caratteristica rilevante della nozione di "settore verticalmente integrato" è che essa non è influenzata dal progresso tecnico. Infatti una "unità di capacità produttiva verticalmente integrata" è, per definizione, essenzialmente invariante al mutamento tecnico, di conseguenza le relazioni espresse in "unità fisiche di capacità produttiva verticalmente integrata" mantengono la loro validità al trascorrere del tempo, hanno cioè una loro autonomia che è indipendente dalle variazioni nella loro composizione fisica. Mentre ciò non si verifica nei processi di sostituzione dei beni capitali espressi in termini di unità fisiche ordinarie. Tale proprietà attribuisce al procedimento logico di integrazione verticale, secondo Pasinetti, una rilevanza economica per le indagini dinamiche che l'analisi economica forse non aveva completamente percepita. I "settori verticalmente integrati" appartengono a quella categoria di nozioni sintetiche che, una volta ottenute, contribuiscono a ridurre in molte direzioni l'ordine di grandezza delle difficoltà analitiche.

Per Pasinetti si pone il problema della complessità nell'analisi della struttura del sistema produttivo quando si è in presenza di progresso tecnico e di produzione con capitale fisso e, quindi, si intende svolgere l'analisi in termini dinamici. Ecco allora che il procedimento logico di integrazione verticale con la relativa decomposizione del sistema produttivo in "settori verticalmente integrati", facendo in tal modo riferimento ad una diversa unità di misura, risulta essere un modo per ridurre il grado di complessità.

Pasinetti (1988) propone anche una generalizzazione dei concetti di sub-sistema e di "settore verticalmente integrato" con notevoli implicazioni per l'analisi dinamica. Egli elabora una partizione del sistema economico in tanti "ipersub-sistemi" quanti sono i beni di consumo. Da ciascun "ipersub-sistema" si può ricavare un vettore di coefficienti di lavoro "verticalmente iperintegrati" e una particolare matrice di "capacità produttiva verticalmente iperintegrata" che insieme rappresentano un "settore verticalmente iperintegrato". Una delle implicazioni notevoli per l'analisi dinamica della generalizzazione in "settore verticalmente iperintegrato" è che anche in questo caso la relazione delle "unità di capacità produttiva verticalmente integrata" rispetto alle merci fisiche di cui è composta è una relazione piuttosto complessa, ma allo stesso tempo

essenziale per ogni analisi che concerne le interconnessioni del processo circolare (in espansione) ad ogni dato punto del tempo. Tuttavia essa diventa irrilevante per tutte quelle analisi dinamiche che riguardano i movimenti nel tempo dei beni di consumo e delle corrispondenti quantità fisiche di lavoro, per cui il grado di complessità dell'analisi in questo caso si riduce, e il vincolo dei coefficienti fissi di fatto scompare, aprendo così l'analisi alla considerazione di qualsiasi forma di progresso tecnico.

Pasinetti elabora due modelli di dinamica economica strutturale dove utilizza la nozione di "settore verticalmente integrato". Egli definisce la dinamica economica strutturale come i mutamento permanente nel tempo della composizione delle grandezze macroeconomiche di base di un sistema economico moderno e, di conseguenza, essa non è altro che la dinamica della sua struttura. Nel suo approccio teorico il ruolo di preminenza nel processo di sviluppo del sistema economico lo svolge il progresso tecnico rispetto all'accumulazione di capitale.

Il suo primo schema analitico (Pasinetti, 1981) è un modello multisettoriale caratterizzato da crescita non uniforme, dove la produzione di ogni singolo bene è funzione dei vari fattori produttivi, quali il lavoro, i beni capitali, i beni intermedi. Nel modello i processi produttivi che si riferiscono alle merci finali sono verticalmente integrati, nel senso che tutti i fattori produttivi sono ridotti a quantità di lavoro e di servizi forniti da stock di beni capitali e dove nessuna merce intermedia viene presa in considerazione. Si ha in tal modo una decomposizione del sistema economico in *m settori verticalmente integrati*. Questa decomposizione porta con sé una riduzione del grado di complessità del sistema, in quanto, tra l'altro, consente di stabilire una catena causale definita che dalle variabili esogene (tecnologia, popolazione, preferenze dei consumatori) conduce alla determinazione delle variabili endogene del modello, prezzi e quantità delle merci da produrre.

Considerazioni conclusive

Questo contributo ha esaminato il tema della complessità e dei sistemi economici complessi; di conseguenza, ha concentrato l'attenzione sulla struttura economica e sui modelli e teorie del mutamento strutturale e della dinamica economica strutturale. In particolare, la complessità è stata affrontata attraverso i metodi di decomposizione che i diversi modelli di dinamica economica strutturale utilizzano per ridurla. L'esame si è limitato ai contributi di Leontief e Pasinetti, anche se si è tenuto conto dei diversi autori che, più in generale, hanno elaborato schemi teorici seguendo gli approcci circolare e verticale al mutamento e alla dinamica strutturale. Questi schemi teorici hanno in varia misura fatto emergere i limiti alla semplificazione della complessità.

L'analisi svolta tuttavia ha messo in evidenza che vi è certamente un punto di incontro fra gli schemi di integrazione orizzontale di Leontief e gli schemi di integrazione verticale di Pasinetti; questo punto di incontro è rappresentato dalla attitudine in entrambi gli schemi a ridurre il grado di complessità del sistema. Infatti sia gli schemi di Leontief sia quelli di Pasinetti fanno riferimento a metodi di decomposizione della struttura del sistema produttivo. Ma allo stesso tempo ciascuno di loro utilizza una diversa strumentazione analitica: la decomposizione in sottounità quale le "industrie" tra loro orizzontalmente interconnesse nel caso di Leontief, e la decomposizione in "settori verticalmente integrati" nel caso di Pasinetti. Un'altra caratteristica comune ai due tipi di modelli, questa volta però sul piano analitico, è la multisettorialità che consente un'analisi articolata della struttura e consente attraverso i metodi di decomposizione utilizzati una lettura più appropriata del mutamento e della dinamica strutturale in modo da cogliere all'interno della sua complessità le relazioni di causalità, le sue gerarchie o i suoi legami di interdipendenza. Un'ulteriore caratteristica analitica comune, più specifica, ma importante per

il tema della complessità è che i due tipi di modelli hanno due sistemi di equazioni: uno per le quantità e l'altro per i prezzi. Il sistema delle quantità e quello dei prezzi vengono determinati in senso logico separatamente e non simultaneamente; ciò conduce a semplificare l'analisi e a ridurre il grado di complessità.

Un'ultima considerazione riguarda il fatto che, in generale, quando gli aspetti di varietà e/o connessione che caratterizzano la complessità del sistema economico tendono a aumentare con riferimento alla dimensione temporale e, quindi, alla dinamica, allora il sistema tende ad essere più complesso. Ne segue che strumenti analitici flessibili e metodi appropriati che semplificano tale dinamica tendono a ridurre il grado di complessità.

In conclusione, quest'analisi riguardo al tema della complessità non può che essere parziale, tuttavia è stata evidenziata la rilevanza delle teorie della dinamica economica strutturale nell'affrontare alcuni aspetti importanti della complessità, condividendo nella sostanza la tesi di Simon (1962) che in un contesto dinamico la "near decomposability" è un risultato soddisfacente che semplifica la descrizione di un sistema complesso.

Riferimenti bibliografici

Burchardt F.A., (1931-2), "Die schemata des stationären kreislaufs bei Böhm-Bawerk und Marx", *Weltwirtschaftliches Archiv*, 34, pp.526-564 e 35, pp.116-176

Gell-Mann M., (2002), "What is Complexity", in Quadrio Curzio A., Fortis M. (eds.), *Complexity and Industrial Clusters*, Heidelberg, Physica-Verlag, pp.13-24

Hagemann H., Landesmann M., Scazzieri R., (2003), "Introduction", in Hagemann H., Landesmann M., Scazzieri R. (eds.), *The Economics of Structural Change*, Cheltenham, Edward Elgar, pp. XI – XLII

Hicks J., (1973), *Capital and Time: A Neo-Austrian Theory*, Oxford, Clarendon Press

Landesmann M. and Scazzieri R. (eds.), (1996), *Production and Economic Dynamics*, Cambridge, Cambridge University Press

Lange O., (1981), *La parte e il tutto*. Torino, Rosenberg & Sellier

Leontief W., (1928) (1991), "The Economy as a Circular Flow", *Structural Change and Economic Dynamics*, 2, pp.181-212

Leontief W., (1951), *The Structure of American Economy, 1919-1939*, Oxford, Oxford University Press

Leontief W. et al., (1953), *Studies in the Structure of the American Economy. Theoretical and Empirical Explorations in Input-Output Analysis*, New York & Oxford, Oxford University Press

Leontief W., (1971), "Theoretical Assumptions and Non-Observed Facts", *American Economic Review*, March, pp.1-7

- Leontief W. (1972), "The Dynamic Inverse", in Carter A.P. and Brody A.(eds.), *Contributions to Input-Output Analysis, Proceedings of the Fourth International Conference of Input-Output Technique*, vol. I
- Leontief W., (1987), "Input-Output Analysis", in Eatwell J, Milgate M., Newmann P. (eds.) *The New Palgrave . A Dictionary of Economics*, Macmillan, London, vol.II, pp.860-864
- Löwe A., (1976), *The Path of Economic Growth*, Cambridge, Cambridge University Press
- Napoleoni C., (1961), "Sulla teoria della produzione come processo circolare", *Giornale degli Economisti e Annali di Economia*, n.1-2, pp.101-117
- Pasinetti L.L., (1973), "The Notion of Vertical Integration in Economic Analysis", *Metroeconomica*, 25, pp.1-29
- Pasinetti L.L., (1981), *Structural Change and Economic Growth*, Cambridge, Cambridge University Press
- Pasinetti L.L., (1988), "Growing Sub-Systems, Vertically Hyper-Integrated Sectors and the Labour Theory of Value", *Cambridge Journal of Economics*, 12, pp.125-134
- Pasinetti L.L., (1993), *Dinamica economica strutturale*, Bologna, Il Mulino
- Pasinetti L.L., (2004), "Sraffa e la matematica: diffidenza e necessità. Quali sviluppi per il futuro?", in AA.VV., *Piero Sraffa*, Atti dei Convegni Lincei, n. 200, Roma, Accademia Nazionale dei Lincei, pp.373-383.
- Quadrio Curzio A., (1986), "Technological Scarcity; An Essay on Production and Structural Change" in Baranzini M., Scazzieri R. (eds.), *Foundations of Economics: Structures of Inquiry and Economic Theory*, Oxford, Basil Blackwell, pp. 311-338.
- Quadrio Curzio A., Scazzieri R., (1990), "Profili di dinamica economica strutturale: un'introduzione" in Quadrio Curzio A., Scazzieri R. (a cura di), *Dinamica economica strutturale*, Bologna, Il Mulino
- Scazzieri R., (1990), "Vertical Integration in Economic Theory", *Journal of Postkeynesian Economics*, vol.13, Fall, pp. 20-46.
- Schilirò D., (2003), "Teorie circolari e teorie verticali della dinamica economica strutturale: verso uno schema analitico di carattere generale", *Quaderno Cranec*, Milano, Vita e Pensiero, Settembre
- Simon H., (1962), "The Architecture of Complexity", *Proceedings of the American Philosophical Society*, 106, pp.467-482.
- Sraffa P., (1960), *Produzione di merci a mezzo di merci*. Torino, Einaudi.

Sylos Labini P., (2004), “L’utilizzo del contributo di Sraffa nell’analisi dello sviluppo”, in AA.VV., *Piero Sraffa*, Atti dei Convegni Lincei, n. 200, Roma, Accademia Nazionale dei Lincei, pp.335-346.